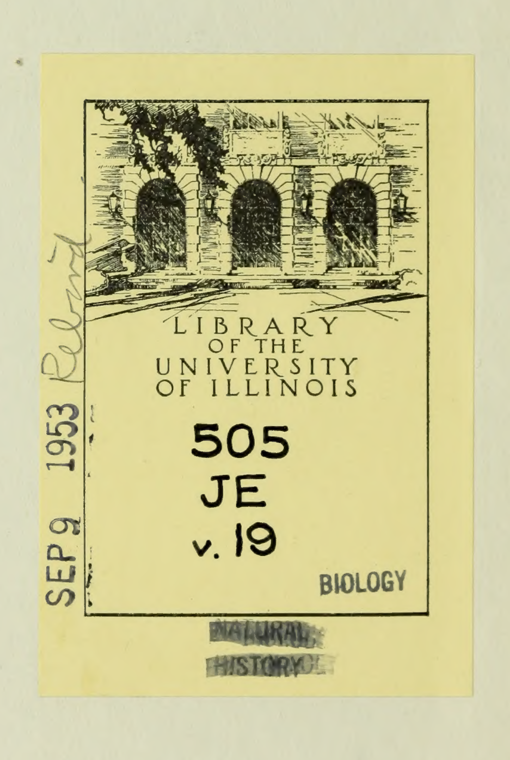
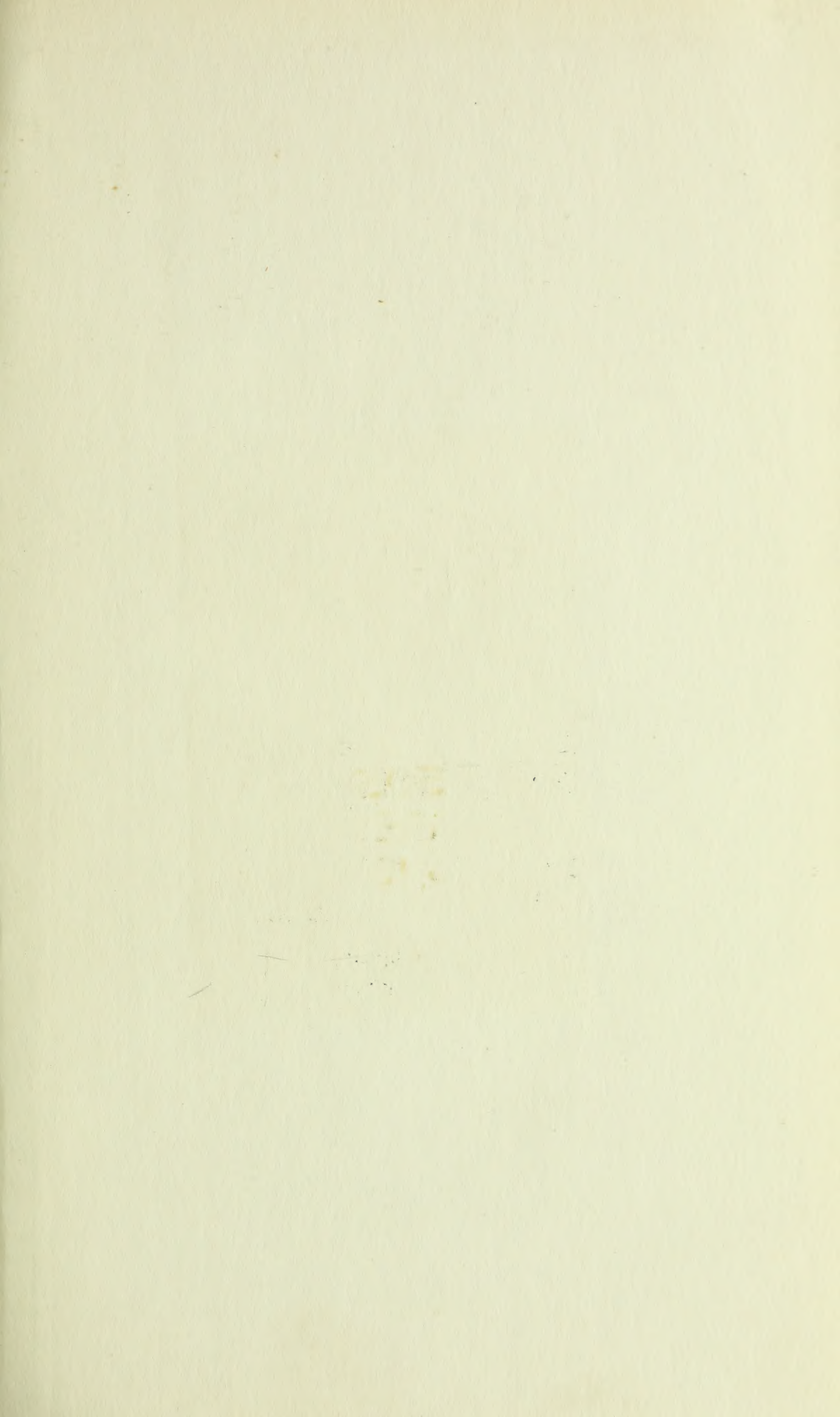
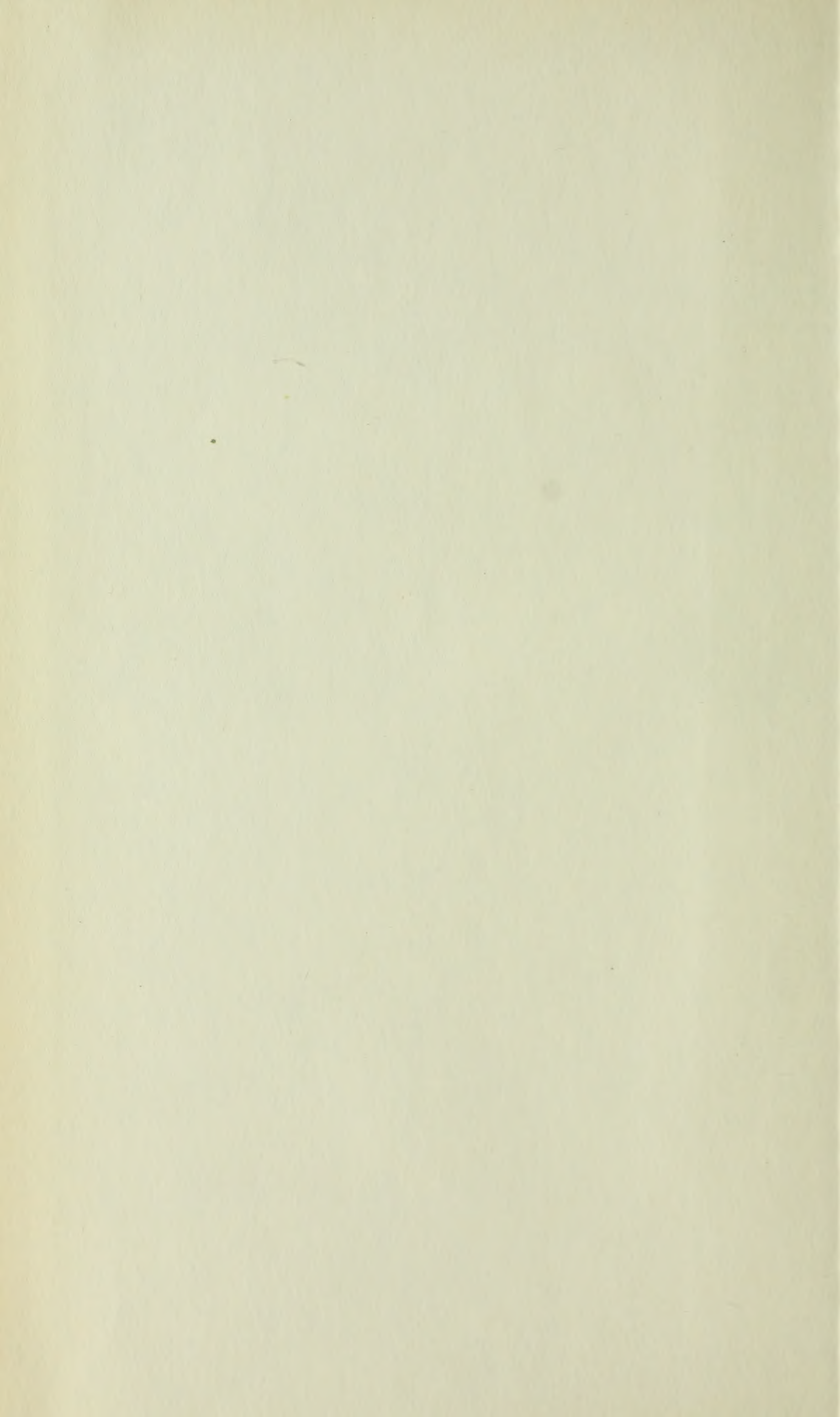
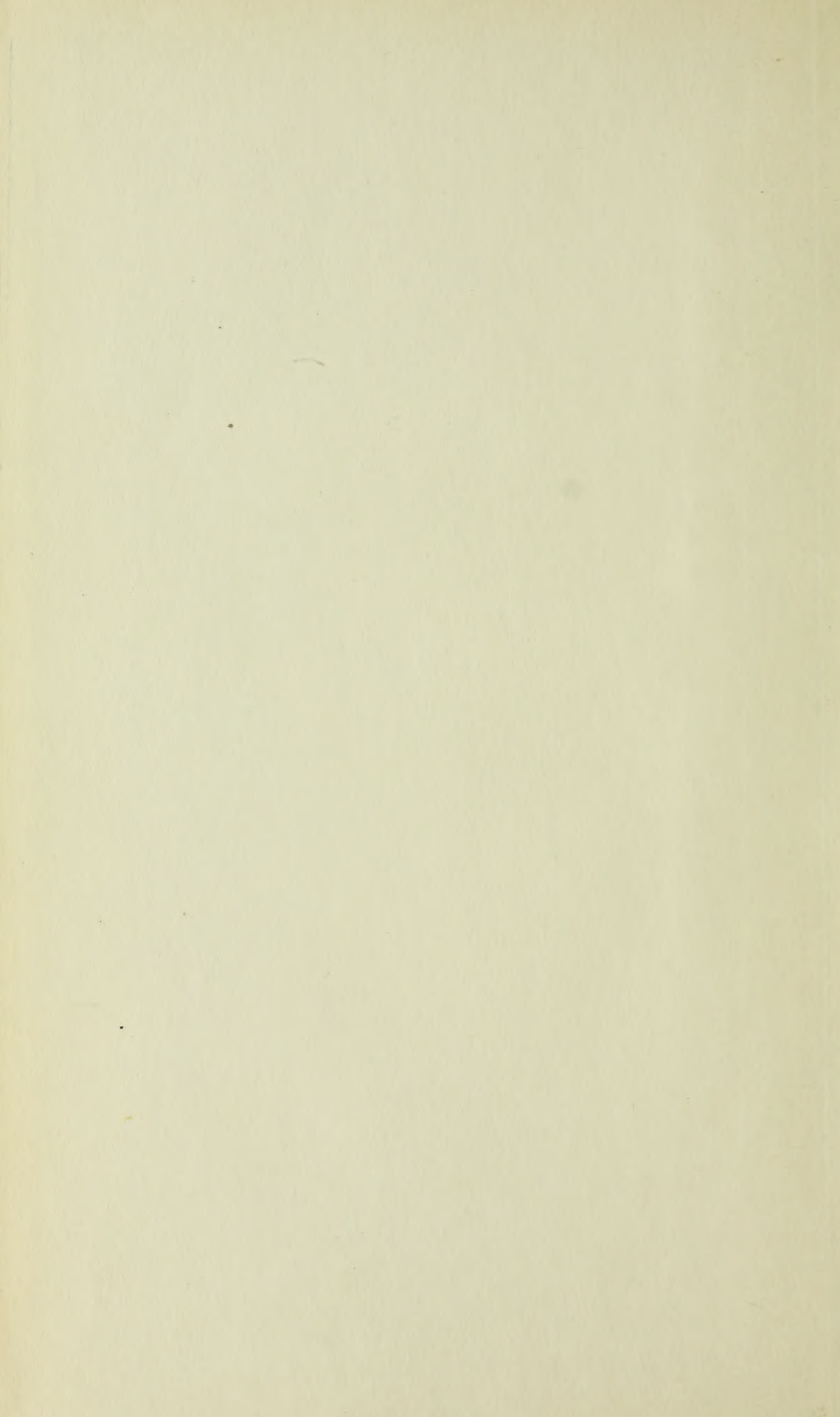










Jenaische Zeitschrift

für

NATURWISSENSCHAFT

herausgegeben

von der

medicinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft

zu Jena.

Neunzehnter Band.

Neue Folge, Zwölfter Band.

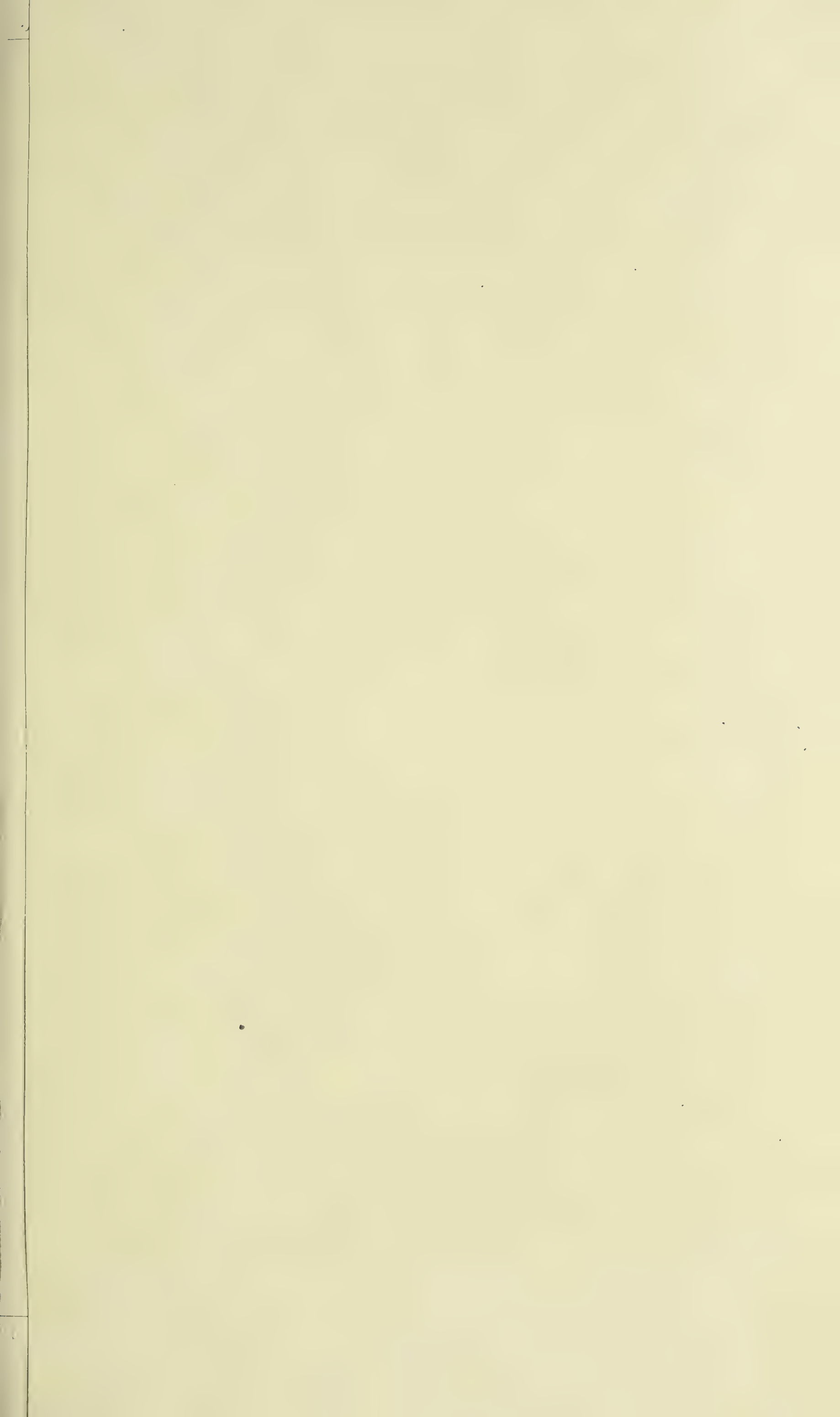
Mit 23 Tafeln.

Jena,

Verlag von Gustav Fischer

1886.

Inhalt.



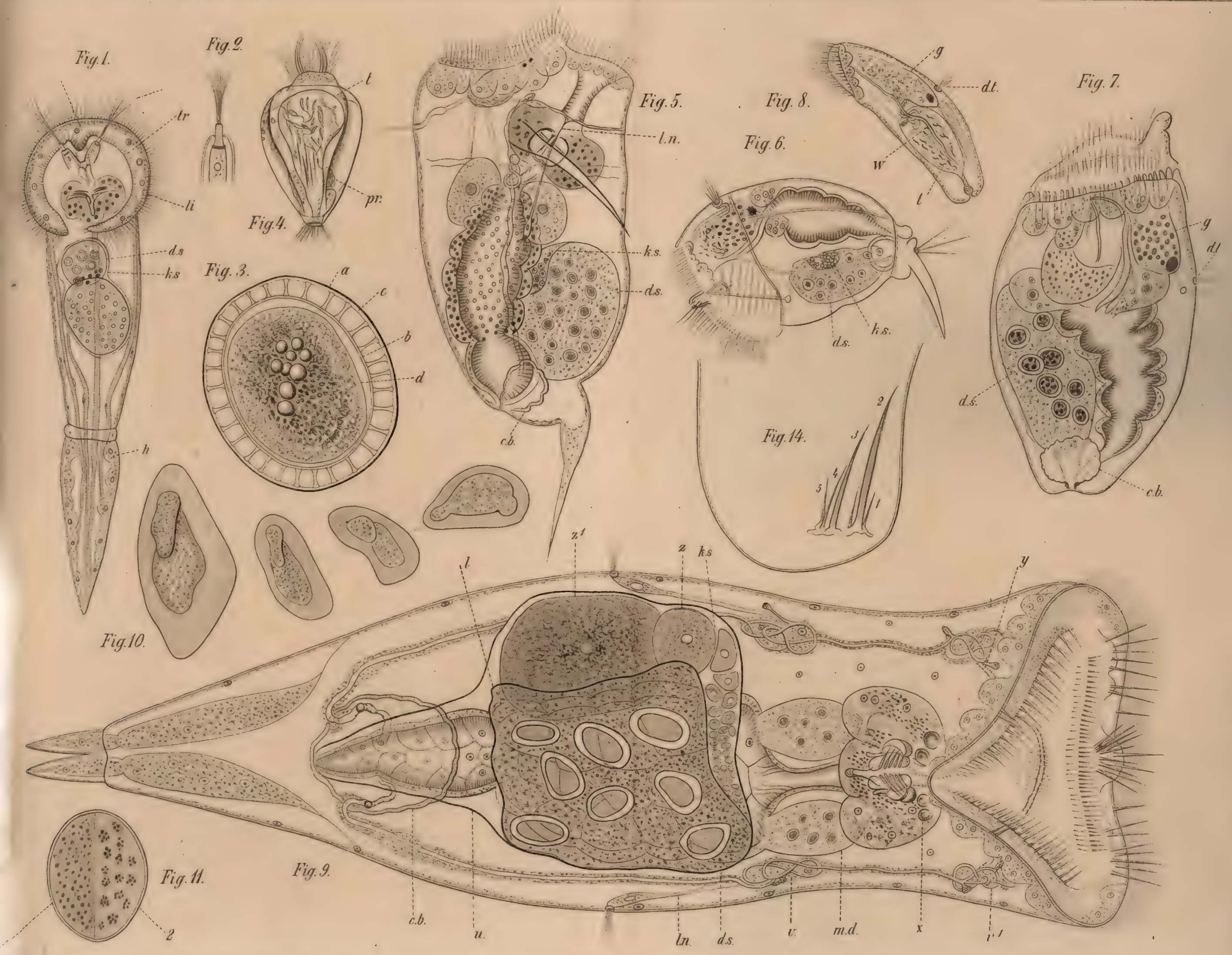
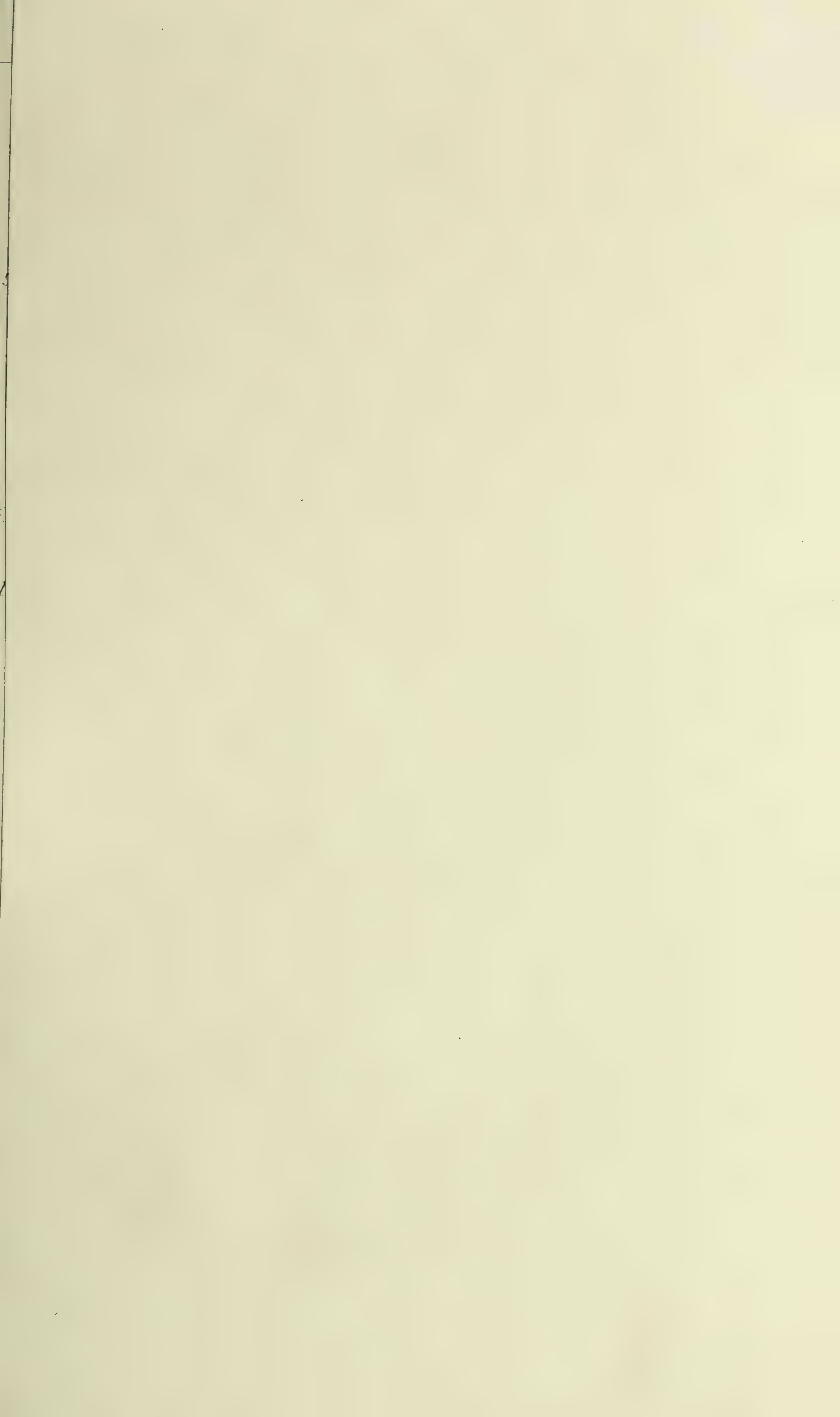
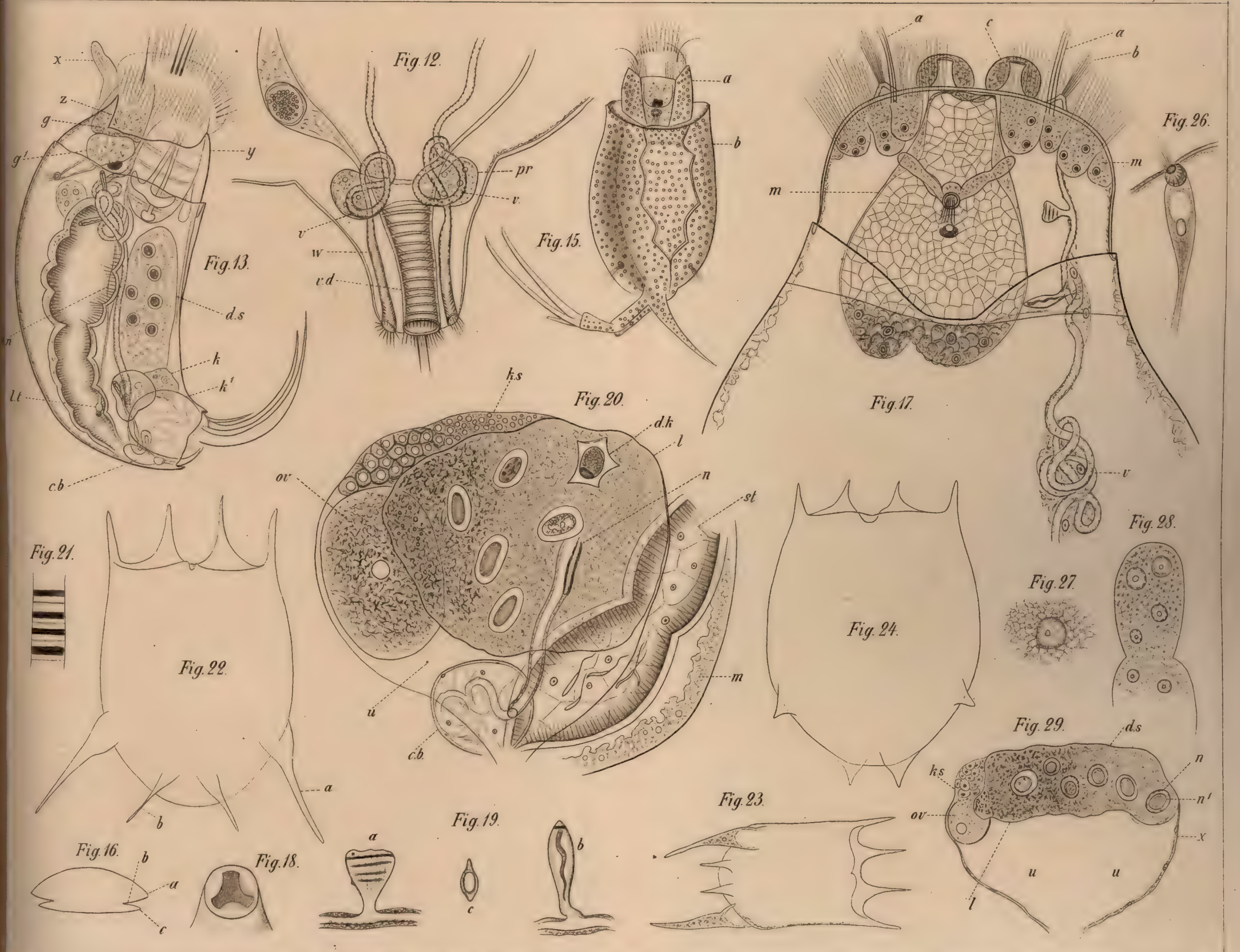
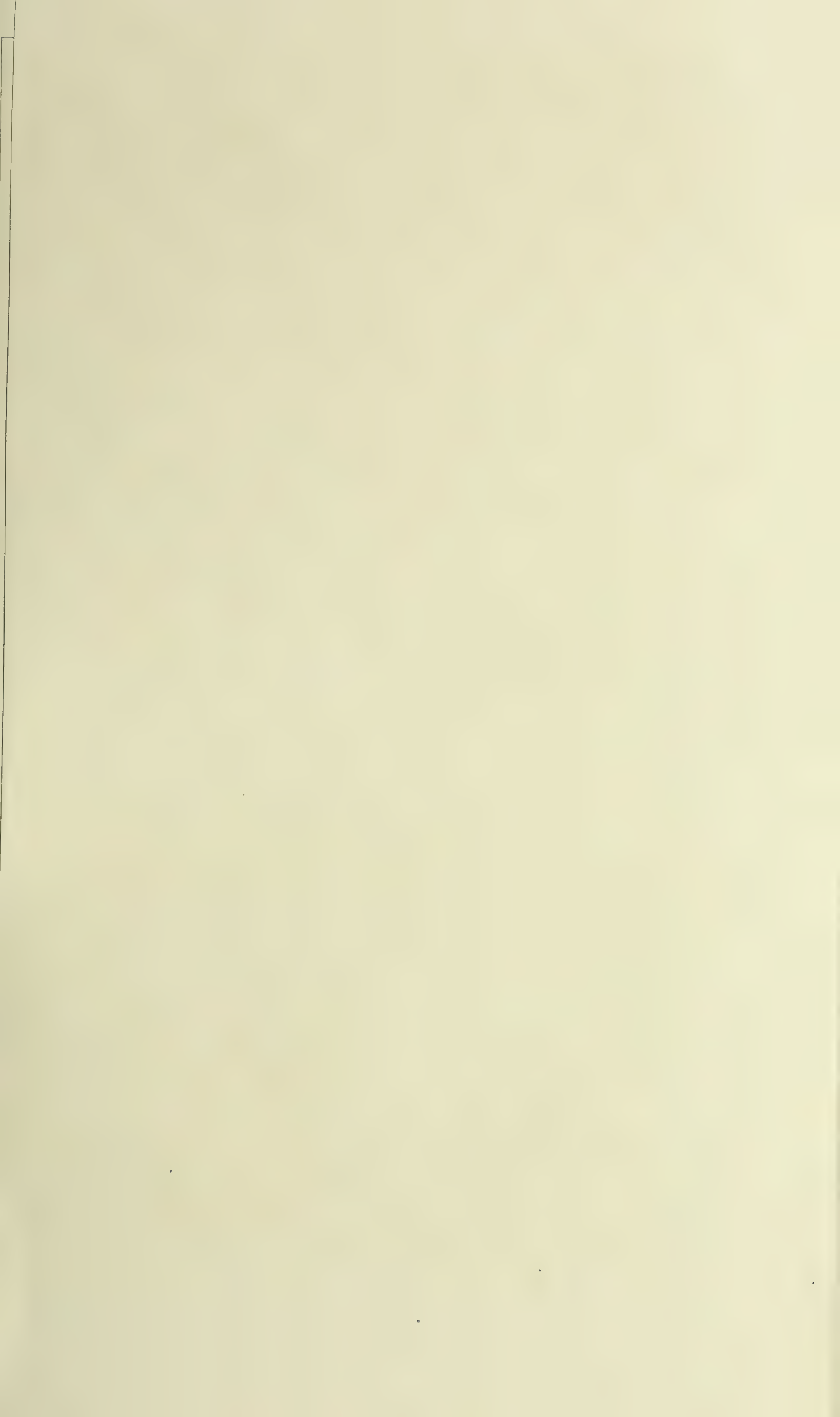


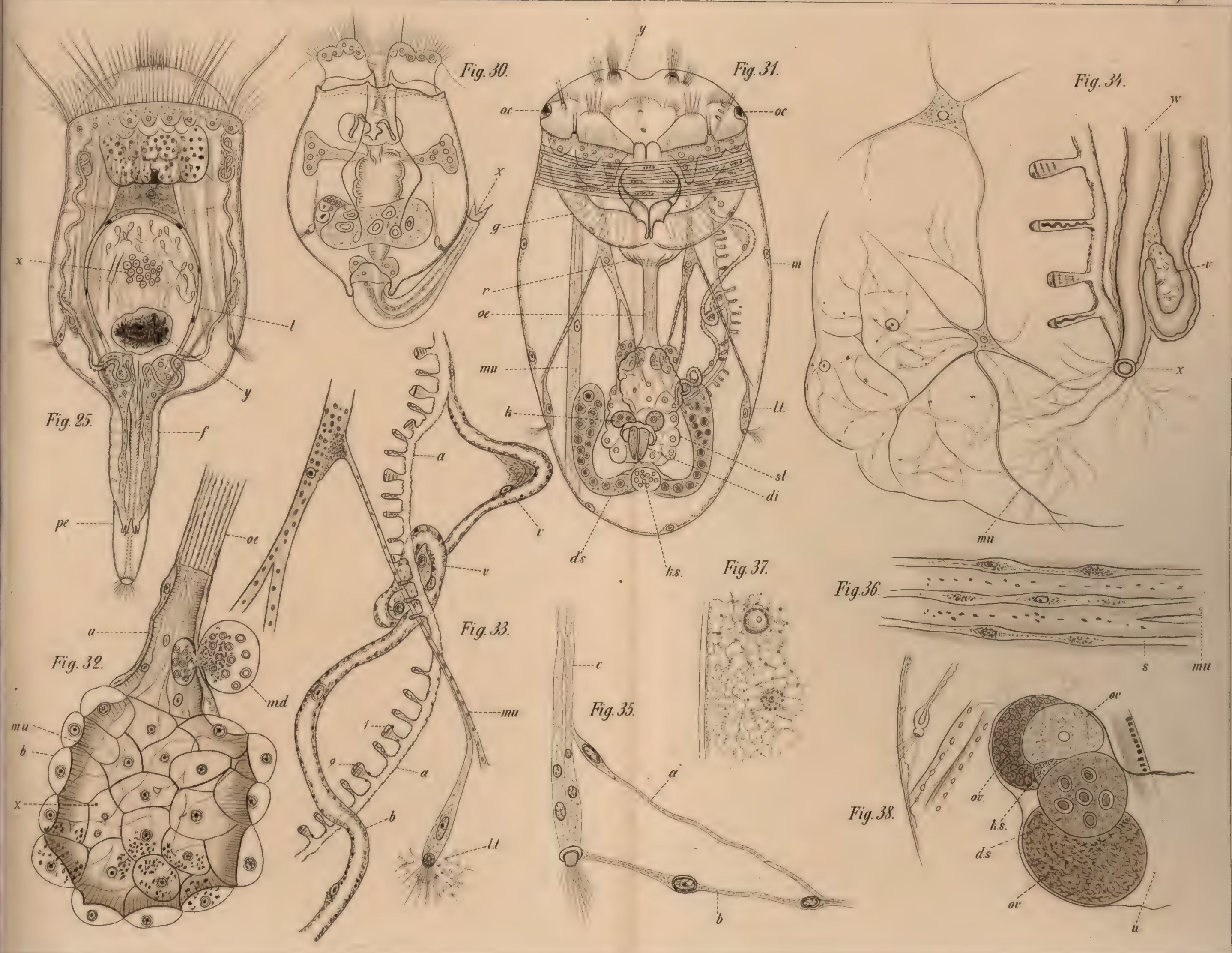
Fig. 1.
tr
li
d.s
k.s
h
Fig. 2.
Fig. 4.
t
pr.
Fig. 3.
a
c
b
d
Fig. 5.
l.n.
k.s.
d.s.
c.b.
Fig. 8.
g
dt.
w
t
Fig. 6.
d.s.
k.s.
Fig. 7.
g
dt
d.s.
c.b.
Fig. 14.
1
2
3
4
5
Fig. 10.
Fig. 11.
2
Fig. 9.
l
z1
z
k.s
y
c.b.
u.
ln.
d.s.
v.
m.d.
x
v1





Verlag v. Gustav Fischer i. Jena.





Verlag v. Gustav Fischer i. Jena.

Beiträge zur Naturgeschichte der Rotatorien.

Von

Dr. Ludwig Plate

in Bremen.

Einleitung.

Die vorliegende Arbeit über die Rotatorien des süssen Wassers wurde im Sommer 1883 begonnen und während der Monate März bis September des folgenden Jahres fortgesetzt und vollendet. Das Material habe ich in einigen wenigen Exemplaren in der Umgegend von Jena gefangen, die weitaus grösste Zahl der untersuchten Formen dagegen bei meiner Vaterstadt Bremen und in der Nähe von Bonn erbeutet. Die meisten Beobachtungen wurden in dem zoologischen Institut der rheinischen Universität gemacht, und bin ich dem Leiter desselben, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. R. Hertwig, für die vielfache Unterstützung und Anregung, die er mir erwiesen, zu grossem Danke verpflichtet. Es sei mir daher gestattet, eine der neu aufgefundenen Specien ihm zu Ehren Hertwigia volvocicola zu nennen.

Bei der Untersuchung bin ich stets vom lebenden Tier ausgegangen, da nur bei diesem manche histologische Details zu erkennen sind. Tinctionsmittel wurden vielfach gebraucht, da dieselben unerlässlich sind, um einige Organe, z. B. den Keimstock, deutlich nachzuweisen; unter den Farbstoffen haben sich Picro- und Boraxcarmin am besten bewährt. Dauerpräparate in Glycerin oder Canadabalsam zu machen, ist wenig empfehlenswert, da diese Einschlussmittel so stark aufhellen, dass die feinere Struktur der Organe völlig unkenntlich wird.

Folgendes Verfahren hat sich bei der Untersuchung als die beste Methode herausgestellt: man verschafft sich eine möglichst grosse Zahl von Exemplaren, tötet sie durch einige Tropfen 1 %

Überosmiumsäure und lässt sie darin ungefähr 10—15 Minuten liegen. Nachdem man gehörig ausgewaschen, werden die Tiere für einen Tag in eine 2 % Lösung von chromsaurem Kali gebracht, dann sehr gut ausgewaschen und mit Borax- oder Picrocarmin versetzt. Haben die Tierchen 2—24 Stunden — über die Zeitdauer vermag allein der jedesmalige Versuch zu entscheiden — in der Farbflüssigkeit gelegen, so werden sie mit Salzsäurealcohol ausgezogen und in c. 60 % Weingeist zum beliebigen Gebrauch aufgehoben.

Zur Untersuchung des Räderapparates ist es oft sehr wünschenswert, die Tiere im ausgestreckten Zustande zu töten. Ich habe die wässrigen Lösungen vieler Salze ohne nennenswerten Erfolg angewandt; diejenige des pyroschwefligsauren Kalis leistet, wenn sie stark verdünnt (1 Teil einer gesättigten Lösung mit c. 40 Teilen Wasser) und ganz allmählich in geringen Mengen in ein Uhrschälchen gebracht wird, gute Dienste, wenn es darauf ankommt, eine Zeichnung von einem völlig ausgestreckten Tiere zu entwerfen. Für histologische Untersuchungen eignet sie sich leider nicht, da das Protoplasma beim Gebrauch derselben zu grobkörnig gerinnt. Hat man zahlreiche Tiere zur Verfügung und erwärmt dieselben im Uhrschälchen, bis das Wasser Blasen zu entwickeln beginnt, so wird man immer einige Exemplare mit entfaltetem Räderapparat abgetötet finden.

Das Studium der Rotatorien ist durch die schöne Literaturzusammenstellung, welche Eckstein in seiner kürzlich veröffentlichten Arbeit (Zeitschr. für wiss. Zoologie Bd. 39. 1883 pp. 343—443) gegeben hat, sehr erleichtert worden. Ich werde im folgenden, anstatt lange Titel anzuführen, auf die Zahlen dieses Verzeichnisses verweisen. Einige neu erschienene oder nicht erwähnte Abhandlungen mögen zur Ergänzung jener Zusammenstellung hier aufgeführt werden.

166. Collins, New Species of Rotatoria. Science Gossip, January 1872.

167. Davis, H., Desiccation of Rotifers. Monthly microscop. Journ. Vol. IX p. 287.

168—170. Gosse, Ph. H., Trans. micr. Soc. Tom. III. On the anatomy of Melicerta ringens (p. 58), Notommata aurita (p. 93) und Not. parasita (p. 143).

171. —, The crown animalcule. Popular Science Review I 1862 pp. 26—49.

172. —, The floscules (Floscularia) ebenda pp. 158—69.

173. —, The builders (Melicertidae) ebenda pp. 474—95.
174. —, The flexible creepers (Notommatina) ebenda II 1863 pp. 475—490.
175. Hudson, C. T., On Pterodina valvata n. sp. Monthly micr. Journ. V 1871 pp. 25—29.
176. —, On Asplanchna Ebbesbornii n. sp. Journ. Roy. micr. Soc. Vol. III Part. 5 1883 p. 622.
177. —, In The President's Address. einige Notizen über 3 neue Floscularia sp. ebenda Vol. IV Part. 2 1884 p. 177 u. f.
178. Millett, F. W., Desiccation of Rotifers. Monthly micr. Journ. Vol. IX p. 286.
179. Plate, L., Zur Kenntnis der Rotatorien. Vorläufige Mitteilung. Zool. Anzeiger 1884 Sept. — Beiträge zur Naturgeschichte der Rotatorien, Inauguraldissertation, Jena, 1885, enthält einen Abdruck der Einleitung und des allgemeinen Teiles dieser Abhandlung.
180. Rosseter, T. B., Observations on the Lifehistory of Stephanoceros Eichhornii. Journ. of the Roy. micr. Soc. Vol. IV Part. 2 1884.
181. Slack, H., Desiccation of Rotifers. Monthly micr. Journ. Vol. IX p. 241.
182. Zacharias, O., Über Fortpflanzung und Entwicklung von Rotifer vulgaris. Zeitschr. für wiss. Zool. 1884.

Eine grosse Zahl der zur Rotatorienliteratur gehörenden Werke, namentlich englischer Autoren, stand mir nicht zur Verfügung; doch hoffe ich alle wichtigeren neueren Abhandlungen gebührend berücksichtigt zu haben.

Die folgende Darstellung gliedert sich in 2 Abschnitte; in dem ersten, dem speciellen Teile, gedenke ich die an den verschiedenen Arten gemachten Beobachtungen, soweit sie neu sind oder ungenügend bekannte Organisationsverhältnisse berühren, zu schildern. Die sich aus denselben ergebenden allgemeinen Resultate und Folgerungen werden den Inhalt des zweiten Abschnittes ausmachen, und sollen in diesen zur Vergleichung auch manche schon bekannte Thatsachen hereingezogen werden. Bemerkt sei noch, dass sich alle Angaben auf weibliche Tiere beziehen, wenn nicht ausdrücklich das andere Geschlecht genannt ist. Die Grösse ist in mm angegeben.

I. Specielle Beschreibung der untersuchten Rotatorien.

I. Familie: Tubicolarina.

1. Lacinularia socialis Ehr.

Die Kolonien dieser schönen und grossen Species standen mir im Sommer 1883 aus der Saale bei Jena zahlreich zur Verfügung, wo dieselben alljährlich Mitte Juni sich an den vom Fluss bloss gespülten Schilfwurzeln einstellen.

Während die weiblichen Tiere festsitzende Kolonien bilden und eine Gallerthülle um sich ausscheiden, in welche die Eier abgelegt werden, schwimmen die ganz anders gestalteten und sehr einfach organisierten männlichen Lacinularien während ihres nur 2—3 Tage dauerden Lebens beständig zwischen den Weibchen umher; nur dann und wann heften sie sich für kurze Zeit fest. Ich traf dieselben in der zweiten und dritten Woche des Juli fast an jeder Kolonie in 3—6 Exemplaren, später dagegen in viel geringerer Zahl.

Die Tierchen sind ungefähr $\frac{1}{5}$ so gross als die eben ausgekrochenen Weibchen. Der cylindrische Körper verjüngt sich nach hinten und läuft in eine breite Spitze aus, die, wie das Hinterende der weiblichen Larve, mit einem einziehbaren Wimperbüschel versehen ist. Der Räderapparat besteht aus einem kontinuierlichen Cilienkranz, über den das vorderste Körperende halbkugelig vorspringt, und einer Anzahl von Wimpern, welche zu einem Büschel auf der Spitze jener Halbkugel angeordnet sind. Weitaus der grösste Teil der Leibeshöhle wird von dem Hoden ausgefüllt, der die Gestalt einer Birne nachahmt. Der Stiel derselben wird durch den Ausführgang des Spermasackes dargestellt und bildet einen flimmernden, in den Penis herabsteigenden Kanal. Über den feineren Bau des Begattungsorganes, das für gewöhnlich eingestülpt getragen wird, bin ich nicht ganz in's klare gekommen, weil es mir nicht gelingen wollte, durch Druck dasselbe frei zur Ansicht zu bringen. Zu beiden Seiten des Hodens zieht durch die ganze Länge der Leibeshöhle je ein Wassergefäss, welches im Kopf und am Hinterrande des Samenbehälters sich verknäuelt und mehrere Zitterorgane trägt. Hudson (83), der zuerst eine kurze Beschreibung der männlichen Lacinularia gegeben hat, glaubt, eine contractile Blase gesehen zu haben. Ich habe von dieser

nie eine Spur wahrnehmen können, vielmehr schienen mir die Excretionskanäle in den Anfangsteil des Vas deferens zu treten, in welchem sich, kurz hinter dieser Einmündungsstelle, ein scharf umschriebener kreisförmiger Ring befindet, den ich für das äusserste Ende des handschuhfingerartig umgestülpten und eingezogenen Penis halte. Dem Ausführgange des Hodens liegt ein drüsiges Organ an, das auch bei anderen Rotatorienmännchen beobachtet wird und wahrscheinlich eine Prostata ähnliche Funktion hat. Die Angaben Leydigs (110) über das Sperma, welches derselbe frei in der Leibeshöhle des Weibchens umherflottieren fand und in Fig. 8 abgebildet hat, kann ich bestätigen. Ausser den Spermatozoen findet man im Hoden noch unbewegliche, ihrer Bedeutung nach unklare Gebilde von schmal spindelförmiger Gestalt, die an dem einen Ende in eine feinere Spitze ausgezogen sind als an dem andern. Den Akt der Begattung habe ich nie beobachten können, obwohl ich häufig Männchen mit weiblichen Kolonieen zusammenthat.

An das Vorderende des Hodens setzt sich ein verschieden breites Band an, das sich auch dorsal über demselben ausbreitet und häufig durch Vacuolenbildung ein schaumiges Aussehen erhält oder auch wohl in einzelne hintereinander liegende Bläschen zerfällt. Dieser Zellstrang repräsentiert, wie später noch des näheren gezeigt werden soll, den rudimentären Darm. Jede Spur eines Kauapparates ist an demselben verloren gegangen. Dorsal über ihm und fast in der Höhe des Cilienkranzes liegt das Gehirn, eine breit viereckige und schräg zur Bauchfläche gestellte Masse, von deren Hinterande 2 Nerven nach rückwärts und oben treten, um sich an einer kleinen scharf umschriebenen, kreisrunden Öffnung der Nackencuticula zu vereinigen. Aus dieser Öffnung ragt ein Büschel feiner Tasthaare hervor. Nach vorn gehen vom Gehirn zwei Nerven ab, welche in die Gegend der roten Augenflecke laufen. Sehr wahrscheinlich wird sich noch ein anderes Paar Tastbüschel seitlich in der Mitte der Längsachse oder weiter nach hinten auffinden lassen, da dieselben bei den Weibchen und auch manchen andern Rotatorienmännchen vorhanden sind.

Über die Weibchen der Lacinularia socialis sind wir, vornehmlich durch Leydig, so genau unterrichtet, dass ich nur auf einige strittige oder bis dahin übersehene Organisationsverhältnisse eingehen will. Das Gehirn des weiblichen Tieres hat dieselbe Gestalt wie beim Männchen. Es ist ein bei Betrachtung der Rückenfläche länglich-viereckiges Organ, welches quer über dem Kauapparat liegt und sich nach hinten und oben mit zwei

Nervensträngen bis zu dem „dorsalen Taster“ fortsetzt. Dieses Sinnesorgan hat die Gestalt einer kleinen Papille, die durch eine mittlere Einkerbung in 2 Kegel zerlegt wird. Auf der Spitze jedes der letzteren findet sich ein Büschel starrer Borsten. An den jugendlichen Larven der Lac. soc., welche noch nicht den breitschirmigen Räderapparat besitzen, ist das Gehirn leicht zu finden, schwer dagegen bei den erwachsenen Tieren, die es nur dann deutlich erkennen lassen, wenn man genau von vorn und senkrecht auf den ausgebreiteten Räderapparat blickt. In der Höhe des Genitalsackes findet sich jederseits am Körper, der Ventralfläche etwas genähert, eine Öffnung in der Cuticula, aus der ein Büschel unbeweglicher Borsten herausragt. Dieselben wurzeln in einer direct unter der Öffnung liegenden gangliösen Anschwellung, die sich nach vorn in einen dünnen Nerv auszieht. Sinnesorgane von gleicher oder ähnlicher Beschaffenheit finden sich fast bei allen Rädertieren, und da sie stets an den Seiten des Körpers liegen, bald der Bauch-, bald der Rückenfläche genähert, mögen sie im folgenden als „laterale Taster“ bezeichnet werden. Wie bei Hydatina und Brachionus ausführlicher geschildert werden soll, unterscheiden sich die lateralen Taster von dem dorsalen dadurch, dass sie nicht mit dem Gehirn in direkter Verbindung stehen.

Das Excretionssystem der Lacinularia weist eine Besonderheit auf, die nur noch bei 3 anderen Genera mit Sicherheit gefunden worden ist; die beiden birnförmigen Knäuel der Wassergefässe, welche links und rechts vom Kauapparat liegen und durch zarte Fäden mit den Hypodermisverdickungen der Wimperkränze ververbunden sind, communicieren mit einander durch einen bogenförmigen Querkanal, der am Gehirn vorbeizieht und 2 symmetrisch gestellte Flimmerlappen besitzt. Sieht man von vorn auf den Schirm des Räderorganes, so ist die convexe Seite des Bogens der herzförmigen Einkerbung des Wimpersaumes zugekehrt. Leider steht mir die Arbeit von Huxley (92) über Lacinularia soc. nicht zur Verfügung, so dass ich nicht entscheiden kann, ob die von diesem Forscher gemachten und seitdem wiederholt bestrittenen Angaben über das Vorhandensein einer am Pharynx vorbeiziehenden, queren Anastomose in allen Punkten mit den meinigen übereinstimmen [1]). Die Wassergefsäse sollen nach Leydig (110

---

[1]) Nachträglich bin ich durch die Güte des Herrn Geheimrat v. Leydig in den Besitz jener Abhandlung gelangt und finde, dass der englische Forscher richtig den Querkanal nach Lage und Form geschildert hat.

pag. 466, 467) sich am unteren Ende zu einer nicht contractilen, in die Kloake mündenden Blase vereinigen. Die von mir untersuchten Tiere besitzen nicht eine solche Bildung; hingegen schwillt jeder Excretionskanal, etwas vor der gemeinsamen Einmündungsstelle, ein wenig an.

Der Geschlechtsapparat der Rädertiere besteht nicht, wie man allgemein angegeben findet, aus einem einfachen, die Keimzellen enthaltenden Sacke, sondern zeigt, wie bei verwandten Plathelminthengruppen, eine Zusammensetzung aus einem Dotter- und einem Eier- oder Keimstock. Näheres über die Beziehungen beider zu einander wird der Leser weiter unten bei Besprechung der Gattungen Hydatina und Brachionus finden, und will ich hier nur darauf hinweisen, dafs auch Lac. soc. von der eben aufgestellten Regel nicht abweicht. Der Dotterstock ist das bekannte, grosse, unter dem Darm liegende Organ, in dessen feinkörnige Dottermasse eine Anzahl Kerne eingestreut sind, die sich durch auffallend grosse nucleoli auszeichnen. Vorn am Seitenrand desselben liegt der Keimstock, eine Summe kleiner, dicht gedrängter Zellen, deren Kerne höchstens $\frac{1}{10}$ so gross als die eben erwähnten Dotterkerne sind. Aus diesen Keimzellen entwickeln sich successive die Eier, deren Wachstum dadurch zu Stande kommt, dass die zunächst liegenden Partieen des Dotterstockes sich eng an dieselben anschmiegen und durch Diffusion das Nährmaterial übertreten lassen.

Die Wintereier sollen nach Leydig (l. c. pag. 469) aus zwei Schalen bestehen, von denen die innere dick und wie ein Fingerhut getüpfelt, die äussere dagegen dünn und durchsichtig ist. Trotzdem ich sehr zahlreiche Wintereier untersucht habe, ist mir die zuletzt erwähnte Eihaut nie zu Gesichte gekommen, und halte ich dieselbe daher für ein nicht constantes Gebilde, zumal Leydig selbst hervorhebt, dass er ein Winterei ohne jene äussere und meist weit abstehende Hülle gefunden habe. Nach meinen Beobachtungen besitzen die Wintereier zwei einander verschieden dicht anliegende Häute, eine äussere, derbe, gelb bis braun gefärbte und über und über fein parquettierte Schale und eine innere, sehr zarte Hülle. Bei mässiger Vergrösserung machen die polygonalen Felder der ersteren in der That denselben Eindruck, wie die Spitze eines Fingerhutes. Bei Anwendung starker Objective und im frischen Zustande bemerkt man im Centrum jeder Vertiefung noch ein winziges rotes Pünktchen. Die Parquettierung fehlt nur an einem schmalen Ringe, der eine Ellipse um den

einen Eipol beschreibt und schräg zur Längsachse steht. Beim Ausschlüpfen wird der kleinere Teil der Schale deckelartig abgehoben. Der Dotter der Wintereier zeigt fast immer eine deutliche Sonderung in eine helle und eine dunkle, an Fetttröpfchen reichere Hälfte und erhielt sich so an den von mir ein Jahr lang aufbewahrten Eiern unverändert bis kurz vor dem Auskriechen. Die Undurchsichtigkeit der äusseren Schale liess jedoch nicht erkennen, ob diese Partieen die ersten Furchungskugeln darstellten; es ist dieses übrigens nicht wahrscheinlich, da man öfters auch Eier antrifft, in denen die Trennung in eine helle und eine dunkle Eihälfte nur unvollkommen vorhanden ist. Die Wintereier sind entweder länglich oval geformt und schwanken dann in der Grösse zwischen 0,168—0,28, oder sie sind rundlich und haben einen Durchmesser von 0,104—0,12. Ich bin leider nicht im Stande anzugeben, ob die kleinere Sorte nicht vielleicht Männchen geliefert hätte, was nach dem Grössen- und Formunterschied, der zwischen den männlichen und weiblichen Sommereiern vieler Rotatorien besteht, wohl zu vermuten wäre. Von den zahlreichen Wintereiern, die ich ein Jahr lang in einem Gläschen Wasser aufbewahrt habe, erhielt ich nur wenige weibliche Tiere, da die Mehrzahl durch Bacterien zu Grunde gerichtet wurden. Doch genügen auch diese schon, um zu zeigen, dass die Wintereier in der That dazu bestimmt sind, ungefähr ein ganzes Jahr ohne merkliche Veränderungen zu ruhen, und dass erst nach Verlauf dieser Frist die Furchung beginnt. Während dieser Periode brauchen dieselben nicht trocken gelegen zu haben.

Die eben ausgekrochenen Lacinularien unterscheiden sich von den erwachsenen Tieren durch den Mangel des schirmförmigen Räderapparates, durch den Besitz eines am Schwanzende angebrachten, einziehbaren Wimperbüschels, durch die ventral in den Verdickungen der Hypodermis liegenden Augen, sowie durch ihre schwimmende Lebensweise und geringere Grösse auf den ersten Blick so wesentlich, dass Ehrenberg und Leydig von einer Metamorphose der Lac. gesprochen haben. Untersucht man jedoch die Larve genauer, so findet man dieselben Organe und in derselben Beschaffenheit, wie beim erwachsenen Tiere; nur die beiden Augen und der Wimperbüschel am hinteren Körperende machen hiervon eine Ausnahme. Sie finden sich ausschliesslich bei der Larve und gehen später in Anpassung an die sitzende Lebensweise verloren. Bei Anwendung schwächerer Vergrösserungen, wie sie Leydig benutzte, erscheint der Räderapparat freilich einfach

(l. c. pag. 473), in Wirklichkeit aber ist der doppelte Saum von Anfang an vorhanden, ebenso wie der herzförmige Ausschnitt desselben. Der untere Wimperkranz setzt sich in die Mundöffnung fort, der obere bildet einen geschlossenen Ring. Bald nachdem sich das 0,45 grosse Tier mittelst seiner zwei schlauchförmigen Klebdrüsen, deren Secret, so lange es frei umherschwimmt, in elastische Fäden ausgezogen werden kann, fest geheftet hat, beginnen die Veränderungen, die zu der bleibenden Gestalt führen. Dieselben sind, abgesehen von der Grössenzunahme, an der alle Organe gleichmässigen Anteil haben, wesentlich von zweierlei Art. Einmal streckt sich der hintere Körperabschnitt stark in die Länge, wobei die in der Larve auffallend dicke Hypodermislage daselbst zu einer viel dünneren Schicht gedehnt wird, und dann wird der Räderapparat so nach allen Seiten umgeschlagen, dass jeder Punkt der peripheren Wimperkränze einen grösseren Abstand vom Centrum der Wimperscheibe erhält, diese letztere aber naturgemäss tiefer zu liegen kommt. Während daher bei der Larve die Wimperscheibe vom Kauapparat ungefähr um $^1/_3$ der Körperlänge entfernt ist, sitzt beim erwachsenen Tier jene fast unmittelbar über diesem. Die Formveränderungen werden demnach durch einen Wachstumsprocess herbeigeführt, der den Fuss und die peripheren Partieen der Wimperscheibe besonders bevorzugt, ohne die Organisation selbst umzugestalten; von einer eigentlichen Metamorphose kann daher nicht die Rede sein.

2. Conochilus Volvox Ehr. Fig. 1, 2.

Die Kolonieen dieser in mancher Hinsicht an Lacinularia socialis erinnernden Species standen mir im September 1884 in ziemlicher Anzahl zur Verfügung, so dass ich die ausführlichen Mitteilungen Cohns (27) in mehreren Punkten erweitern und verbessern kann. Der Räderapparat besteht aus zwei Cilienkränzen, einem grösseren und einem kleineren, von denen ersterer nach aussen von dem letzteren liegt (Fig. 1 tr. u. ci.). Beide bilden nicht, wie bei Lacinularia, jeder einen geschlossenen Kreis, sondern gehen beiderseits der ventralen Medianlinie in einander über, wodurch zwischen ihnen eine cilienfreie Stelle gebildet wird. Der von dem innern Wimperkranz umgrenzte Teil des Peristoms verlängert sich kegelförmig und zwar so, dass seine Spitze dem dorsalen Rande des Kopfes stark genähert ist; jene fällt gegen diesen steil ab und bildet hier den ventralen Saum der Mundöffnung (*o*).

Nach der Bauchseite senkt sich hingegen jener kegelförmige „Rüssel“ allmählich; dass derselbe, wie Cohn sich ausdrückt, „mehr oder weniger ausgestreckt werden kann“, habe ich nie beobachten können. Auch ist es nicht richtig, wenn derselbe Autor angiebt, dafs die Kopftaster (st. t) auf der Spitze dieses Stirnkegels liegen; sie sitzen etwas unterhalb derselben. Bemerkenswert ist besonders die abweichende Stellung der Mundöffnung, welche nicht an der Bauchseite liegt, sondern dem Rücken stark genähert ist, wie dies schon Davis (39) mit Recht hervorgehoben hat. Man kann hierin wie auch in der auf der Rückenseite weit nach vorn verschobenen Afteröffnung eine Anpassung an die eigentümliche Vereinigung der Einzeltiere zu einer Kolonie sehen. Die Gallerte, welche die Individuen unter einander verbindet, ist structurlos und nicht in besondere Fächer, welche der Zahl der Tiere entsprechen, geteilt; sie birgt fast immer viele Amöben, namentlich im Centrum zwischen den Fussspitzen der Tiere, oder auch einzellige Algen.

Wie bei Stephanoceros und Floscularia ist der vor dem Mastax befindliche Mundtrichter durch ein queres Diaphragma in 2 Abschnitte zerlegt. Von dem Rande der centralen Öffnung desselben hängen einige lange Cilien in den vor dem Kauapparat gelegenen Raum. Dieser Befund, sowie die Stellung der Mundöffnung, zeigen auf das deutlichste, dass Conochilus eine Übergangsform zwischen den Flosculariae und den Melicertae bildet, die von diesen zu jenen herüberleitet. Aus dem Kauapparat gelangt die Nahrung in einen gewundenen Schlund, indem man eine wahrscheinlich von Flimmern herrührende Wellenbewegung von vorn nach hinten herabsteigen sieht.

Der Magen soll nach Cohn „aus 3 kugelförmigen Abteilungen bestehen, welche dergestalt mit einander zusammenhängen, dass die 2 vorderen am Bauche paarweise neben einander nach rechts und links, die hinterste unpaare aber über denselben mehr nach dem Rücken zu liegt.“ An diesen Magen soll sich ein Enddarm schliessen, „welcher auf dem Rücken nach vorn zur Afteröffnung führt.“ An den Beobachtungen Cohns, welche diesen Sätzen zu Grunde liegen, ist nichts auszusetzen, nur die Deutung derselben ist, nach meiner Meinung, eine unrichtige. Der Magen weicht von dem typischen Bau nur darin ab, dass er durch eine seichte Längsfurche der Wandung in 2 neben einander liegende Räume gesondert wird. Der vor diesen befindliche dritte kugelförmige Abschnitt gehört nicht mehr zum Magen, sondern ist als

Enddarm anzusehen, wie daraus hervorgeht, dass die Wassergefässe jederseits an seinem Übergange in den vermeintlichen Enddarm einmünden, und hier auch die Flimmerung aufhört. Dieser letzte Teil des tractus bildet demnach die Kloake, welche bei allen Rotatorien (mit Ausnahme von Rhinops) der Cilienauskleidung entbehrt. In dieselbe wird auch der Ausführgang der Geschlechtsorgane treten, doch gelang es mir nicht, die Einmündungsstelle zweifellos zu erkennen. Mit dem geschilderten Befunde stimmen freilich auch nicht die Angaben, welche Cohn über das Wassergefässsystem macht. Er sagt nämlich: „wir sehen die Ausmündung des Wassergefässsystemes in die Kloake gleichzeitig mit dem After mittelst einer Röhre, welche sich in zwei hinter einander liegende contractile Blasen erweitert; diese sind verhältnismässig klein und abwechselnd thätig.“ Ich habe mich auf das bestimmteste überzeugt, dass nur ein kleiner Abschnitt der röhrenförmigen Kloake contractile Wandung besitzt; derselbe liegt kurz vor der äusseren Öffnung im Vorderteil der Kloake und kann, da er sich abwechselnd füllt und zusammenzieht, mit Recht als contractile Blase bezeichnet werden, obwohl er nicht ein von jener besonders abgesetztes Organ darstellt, wie dies bei fast allen andern Rotatorien der Fall ist. Anlass zu der irrigen Deutung mag der Umstand gegeben haben, dass der hintere Kloakenraum häufig auch prall mit Fluidum gefüllt ist und daher einer contractilen Blase in der Diastole ähnlich sieht. Die Wassergefässe erstrecken sich nur über einen kleinen Teil des Körpers. Sie beschreiben einen Bogen, dessen concave Seite der Rückenfläche zugewandt ist. Jedes Gefäss bildet eine Verknäuelung in der Nähe der Kloake und eine zweite seitlich vom Gehirn. Von Zitterorganen zählte ich jederseits 6. Es ist mir sehr wahrscheinlich, dass die Wassergefässe, wie bei Lacinularia, durch einen queren Kanal mit einander in Verbindung stehen. Ich habe denselben freilich nie mit völliger Sicherheit erkennen können, glaube aber, dass er vorhanden ist, weil man an günstigen Objecten vor dem Gehirn jederseits der Medianlinie ein Zitterorgan bemerkt, welches seiner Lage nach den gleichen Gebilden an der Queranastomose der Lacinularia vollkommen entspricht.

Das Nervensystem von Conochilus volvox ist einfacher gebaut, als bei irgend einem anderen Rotator. An gefärbten Präparaten lassen sich die zahlreichen runden Kerne der Ganglienzellen des Gehirns leicht erkennen. Merkwürdiger Weise fehlt aber sowohl ein dorsaler, wie lateraler Taster. Die beiden Fühler auf

dem Peristomkegel dürfen nicht, wie dies DAVIS gethan hat, als dorsale Taster gedeutet werden, da sie ventral von Gehirn und Mundöffnung liegen. Sie sind vielmehr jenen Sinnesbüscheln zuzuzählen, die allmählich durch Differenzierung aus den Wimpern des Räderorganes entstanden sind und bei den verschiedenen Species in Zahl und Stellung sehr variieren. Hierfür spricht auch die Beschaffenheit des männlichen Räderapparates, welcher dort noch gewöhnliche locomotorische Cilien aufweist, wo bei dem Weibchen diese Gefühlsorgane stehen. Bei starker Vergrösserung sieht man, dass der wahrscheinlich vom Gehirn entspringende Nerv innerhalb der zapfenförmigen Stirntaster ein Ganglion bildet, das mit einem scharf markierten Ringe quer abgestutzt endet. Nach vorn schliesst sich an dies Ganglion eine zarthäutige kurze Hülse, welche teilweise aus der Öffnung der Cuticula herausragt und im Innern feine Nervenstränge erkennen lässt. Nachdem letztere diese Hülse verlassen haben, laufen sie eine Strecke weit dicht neben einander und strahlen erst am Ende pinselförmig aus. (Fig. 2).

Die Sonderung der Geschlechtsorgane in einen Dotter- und einen Eierstock lässt sich, wie bei allen kleineren Rotatorien, so auch bei Conochilus oft nur schwer erkennen. Sind die Tiere jedoch langsam im Wasser abgestorben, wobei alle Kerne auffallend scharf hervorzutreten pflegen, so kann man sich auf das bestimmteste überzeugen, dass dem Dotterstocke am hinteren Ende eine Anzahl Eikerne anliegen, die nur $\frac{1}{3}$ der Grösse der Dotterkerne erreichen. Sie sind zahlreicher als die letzteren (circa 15), lösen sich successive ab und entwickeln sich in der für die Rotatorien typischen Weise, auf die ich bei Hydatina näher eingehen werde. Der Keimdotterstock und die abgeschnürten Eier werden von einer dünnen, an der Kloake ausmündenden, sackförmigen Membran umhüllt. Die COHN'sche Vermutung, dass die Eier frei in die Leibeshöhle zu liegen kommen, kann ich nicht bestätigen. Während bei den meisten Wintereiern der Rotatorien die äussere der zwei Schalen die innere an Stärke übertrifft und durch besondere Oberflächendifferenzierung ausgezeichnet zu sein pflegt, finden wir bei Conochilus volvox das umgekehrte Verhältnis: die äussere Schale ist glatt und zart, die innere derb und, wie bei starker Vergrösserung zu erkennen ist, über und über mit kleinen Grübchen versehen. Die Punktierung fehlt, ähnlich wie bei Lacinularia, nur an einem elliptischen Ringe, der schräg zur Längsachse den einen Eipol umgiebt.

Die grossen Längsmuskeln des Körpers bestehen aus einem centralen Cylinder von contractiler Substanz und aus einer dünnen peripheren Schicht feinkörnigen Protoplasmas mit Kernen. Da sie die Form von Bändern haben, so erscheinen Kern und Protoplasma zu beiden Seiten der contractilen Achse. Die letztere bietet ein beachtenswertes Verhalten dar: sowohl an lebenden, als auch an mit Überosmiumsäure behandelten Tieren findet man in der Regel eine zarte, aber deutliche Querstreifung, die unabhängig ist von dem Contractionszustande. Zuweilen stiessen mir jedoch Individuen auf, deren Muskelachse völlig homogen war und keine Spur von Querstreifung erkennen liess. Auch Cohn hat nur Tiere mit glatter Muskulatur gefunden. Ich schliesse daraus, dass bei Conochilus die Querstreifung der grossen Längsmuskeln im Entstehen begriffen ist, manchen Individuen schon zukommt, während andere noch das ursprünglichere Verhalten zeigen. — Die Körperflüssigkeit ist gewöhnlich farblos, zeigt aber zuweilen einen gelblichen Schimmer. — Die Hypodermis zeigt im Fuss dauernd dieselbe Beschaffenheit, welche den Lacinularien vorübergehend in der Jugend zukommt. Sie ist stark verdickt und springt wellenförmig nach innen vor. In jedem der dadurch gebildeten kleinen Polster liegt ein Kern (Fig. 1 *h*), ohne dass dabei das Protoplasma in Zellen zerfallen wäre. Es bildet vielmehr, wie allgemein bei den Rotatorien, eine zusammenhängende Schicht unter der Cuticula. — Die von Davis zuerst gemachte Beobachtung, dass sich grössere Kolonieen durch plötzlichen Druck, z. B. durch Auflegen eines Deckglases, in zwei gleiche Hälften teilen lassen, habe ich wiederholt bestätigen können. Hält man die Kolonieen in einem Glase, so setzen sie sich öfters an der Wand desselben fest, woraus man schliessen kann, dass sie auch im natürlichen Zustande nicht fortwährend umherschwimmen.

Der Räderapparat des Männchens besteht aus einem einfachen Wimpersaume, über den der Kopf kegelförmig vorspringt. Dieser Kegel ist auf der Ventralseite dicht mit Cilien besetzt, während die Rückenfläche nakt ist. Er trägt die 2 roten, mit Linsen versehenen Augenflecke, welche demnach beim Männchen anders als beim Weibchen, nämlich vor dem Hauptcilienkranze, gelagert sind. Wassergefässe, contractile Blase sowie Tastapparate habe ich vergebens gesucht.

II. Familie: Philodinäa.

3. Die Philodinäen,

zu denen die gemeinsten Rädertiere aus den Gattungen Philodina, Rotifer und Actinurus gehören, bilden eine der abweichendsten Abteilungen der ganzen Klasse, auf deren genaue Untersuchung ich leider nicht eingegangen bin, da stets anderes, weniger häufiges Material meine Aufmerksamkeit in Anspruch nahm. Im Folgenden sollen nur einige, wenig zusammenhängende Beobachtungen geschildert werden, die ich ab und zu gemacht habe.

Conochilus und die genannten 3 Genera sind die einzigen Rotatorien, bei denen, trotz genauer Untersuchung, die lateralen Taster nicht zu finden waren. Der Mangel derselben hängt bei letzteren wahrscheinlich mit der für sie characteristischen Fähigkeit zusammen, die einzelnen Scheinsegmente des Körpers fernrohrartig in einander schieben zu können. Wären diese Sinnesorgane vorhanden und hätten sie die gewöhnliche Lage in der Nähe des hinteren Körperpols, so würden sie bei der spannerraupenartigen Bewegungsweise der Tiere beständig in das vorhergehende Glied herein und aus demselben heraus geschoben werden, was offenbar mit dem Bau und der Function der Tastborsten wenig verträglich wäre. Das Fehlen derselben erklärt auch die ungewöhnliche Grösse des dorsalen Tasters, die sonst nur noch bei den lateralen Sinnesbüscheln einiger festsitzenden Formen wiederkehrt. Es wäre interessant, zu erfahren, wie sich die Männchen in diesem Punkte verhalten; doch sind dieselben bis jetzt noch nicht aufgefunden worden, und auch ich habe mich vergebens bemüht, unter Tausenden von Individuen einer Philodina sp. sie zu Gesicht zu bekommen.

Der Räderapparat der Philodinäen besteht, wie zuerst Huxley gezeigt hat, immer aus zwei durch eine seichte Furche von einander getrennten Wimpersäumen. Die Cilien des vorderen sind weit grösser als die des hinteren und bilden zwei Halbkreise, die dorsal und ventral in der Medianlinie durch eine nakte Stelle von einander getrennt sind. Der schwächer entwickelte 2. Flimmerstreif zeigt bei verschiedenen Philodinäen einen verschiedenen Grad der Ausbildung. Auf der Ventralseite ist er bei allen vorhanden und setzt sich mit seinen Cilien direkt in die Mundhöhle fort. Bei Philodina roseola läuft er auf der Rückenfläche jeder-

seits schräg nach vorn, um mit dem vorderen Wimpersaum dort zu verschmelzen, wo derselbe an die cilienfreie mediane Partie stösst. Bei andern Specien (z. B. Rotifer vulgaris, Actinurus) dehnt sich der zweite Wimperkranz von der Ventralfläche nicht auf die Rückenfläche aus, sondern setzt sich nur als schmaler, mehr oder weniger deutlich ausgeprägter Hautwulst bis an jene mittlere Einkerbung des Hauptkranzes fort. — Der Magen von Phil. erythrophthalma weist eine Eigentümlichkeit auf, die vermutlich auch andern Philodinäen zukommen wird. An der dorsalen Magenwand findet sich ein von der cardia bis in die Mitte reichender Streifen, der mit besonders langen Wimpern besetzt und am Ende etwas spiralig eingerollt ist. Dieser Endabschnitt fällt beim lebenden Tiere häufig leicht in die Augen und macht den Eindruck einer an ein und derselben Stelle rotierenden, wimpernden Kugel. — Der Enddarm der Philodinäen setzt sich direct in die Kloake fort, welche bei allen untersuchten Tieren kurz vor der Ausmündung die Wassergefässe aufnimmt und daselbst eine contractile Wandung besitzt. Im Gegensatz zu den irrigen Angaben von Eckstein, Zacharias (182) und andern ist daher die contractile Blase nicht ein besonderer Anhang der Kloake, sondern, wie bei Conochilus, ein Teil derselben. — Hat sich eine Philodinäe festgesetzt und das Spiel ihres Räderapparates entfaltet, so zeigt der Magen und Enddarm von Zeit zu Zeit eine kleine Drehung um die Längsachse verbunden mit einer Lageverschiebung nach vorwärts resp. rückwärts, wodurch die perienterische Blutflüssigkeit in Bewegung gebracht wird. — Besondere Beachtung verdienen die Geschlechtsorgane der Philodinäen. Während bei allen andern Rotatorien — mit Ausnahme des jenen nahverwandten Genus Seison — dieselben ein unpaares Organ darstellen, finden wir hier zwei Dotter(?)schläuche, die an der Ventralseite neben dem Darme liegen. Ob sie getrennt oder vereinigt in die Kloake münden, bleibt noch zu untersuchen. Da der Dotter jener Geschlechtsorgane immer sehr trüb und undurchsichtig ist, habe ich mich noch nicht überzeugen können, ob auch hier Keim-Dotterstöcke vorliegen, oder ob dieselben einfache Ovarien darstellen, bei denen, wie bei manchen acoelen Turbellarien, die Keim- und deutoplasmabereitenden Elemente noch nicht gesondert sind.

Wenn Eckstein (l. c. pag. 353) angiebt, dass die Embryonal-Entwicklung bei allen Philodinäen im Uterus stattfände, so ist dies nicht ganz richtig. Schon Ehrenberg kannte die abgelegten Eier mancher Specien und erwähnt vom Genus Rotifer, so-

wie von Phil. aculeata und erythrophthalma, dass sie nur periodisch lebendig gebären, für gewöhnlich dagegen Eier ablegen. In welchem Verhältnis beide modi der Fortpflanzung zu einander stehen, ist bis jetzt noch nicht ermittelt worden. Bei Philodina roseola Ehr. habe ich mich selbst davon überzeugt, dass dünn- und glattschalige Eier in Haufen abgelegt werden und sich binnen 24 Stunden vollständig entwickeln. Die Eier waren fast sämtlich an dem einen Pol mit einer etwas verjüngten und abgerundeten Spitze versehen. Ganz abweichend von allen übrigen Rädertieren gelangen die Eier, welche sich im Innern der Mutter entwickeln, frei in die Leibeshöhle. Diese schon von vielen Autoren gemachte Beobachtung ist völlig richtig, und das Misstrauen, welches derselben von anderen Forschern entgegengebracht wird, nicht berechtigt. Von einer Nahrungsaufnahme im mütterlichen Körper mittelst der Mundöffnung kann jedoch nicht die Rede sein. Wintereier sind von Philodinäen meines Wissens noch nicht gefunden worden, obwohl diese Tierchen seit den Zeiten eines Leeuwenhoek ein Lieblingsgegenstand der Mikroskopiker gewesen sind.

Ob „die grosse spindelförmige Zelle", welche Eckstein jederseits vom Enddarm bei Rotifer vulgaris gefunden hat, wirklich zum Nervensystem gehört, erscheint sehr fraglich. Solange man nicht bei derartigen Gebilden, die auch an andern Stellen vielfach, namentlich bei den grossen Asplanchnaarten, zwischen den einzelnen Organen vorkommen, den directen Zusammenhang mit dem Gehirn oder mit Sinneswerkzeugen erkannt hat, ist es richtiger, sie dem Bindegewebe zuzurechnen. Auf jeden Fall dürfen solche in der Nähe des hinteren Körperpoles gelegene Zellen nicht deshalb zum Nervensystem gezählt werden, weil dieselben bei Lacinularia soc. mit Sicherheit als nervöse Elemente erkannt sein sollen. Die Angabe, auf die Eckstein sich stützt, ist von Leydig selbst später zurückgenommen worden (108 pag. 83).

III. Familie: Polyarthräa.

4. **Polyarthra platyptera Ehr.** Fig. 3, 4.

Diese Species habe ich in den Bassins des Bonner botanischen Gartens in grossen Mengen gefangen, sodass ich die Beschreibung, welche Leydig in seiner klassischen Arbeit über die Rotatorien gegeben hat, in einigen Punkten erweitern kann.

Die Blutflüssigkeit, welche die Leibeshöhle ausfüllt, zeigte bei den Tieren, welche der eben genannte Autor untersucht hat, einen gelb-rötlichen Schimmer. Bei den zahlreichen Exemplaren, welche ich daraufhin geprüft habe, war dies nur vereinzelt der Fall, und für gewöhnlich die perienterische Flüssigkeit wasserklar. Ganz dieselbe Erscheinung werden wir bei Synchaeta wiederfinden; durch welche Ursachen sie hervorgerufen wird, und ob der im Blute gelöste Farbstoff von Geburt an den Tieren eigen ist, vermag ich noch nicht anzugeben. — An dem Räderapparate bemerkt man einen einfachen Wimperkranz, der dorsal in der Mitte eine nakte Stelle aufweist. Oberhalb der Mundöffnung befindet sich ein von Grenacher (72) zuerst entdeckter, dichter Wald von kleinen steifen Borsten, die an ihrer Spitze mit einem schwarzen Knöpfchen enden. Vermutlich stellen sie ein Sinnesorgan dar, das bei der Auslese der Nahrung zur Anwendung kommt. — Das Gehirn, in dessen Zellen gefärbte Präparate eine grosse Zahl kleiner runder Kerne erkennen lassen, setzt sich nach hinten und oben in 2 Nerven fort, die an einen nackenständigen Tastbüschel herantreten. Ausserdem sitzt dem Gehirn ein Augenfleck auf, der in der Jugend schön rot, später sehr häufig bläulich oder schwärzlich gefärbt ist. Die von Leydig zuerst gefundenen lateralen Taster stehen auffallend weit nach hinten; wenn ihr Entdecker angiebt, dass die zugehörigen Nervenfäden mit dem Gehirn in Verbindung stehen, so hat er dies wohl nur a priori angenommen, wie mir auch aus seiner Zeichnung hervorzugehen scheint. Wenn der Räderapparat eingestülpt und das Gehirn dadurch in seiner Lage verschoben wird, ändert sich die Stellung dieser lateralen Nerven nicht, wie es der Fall sein müsste, wenn sie direct mit dem Gehirn in Verbindung ständen. Sie verhalten sich daher unzweifelhaft ebenso, wie die homologen Gebilde bei Hydatina, Brachionus und Asplanchna. — Hinsichtlich der Magendrüsen kann ich die Mitteilung Ehrenbergs bestätigen: sie liegen vorn am Magen, nicht, wie Leydig gesehen zu haben glaubt, am hinteren Ende desselben. — Der Geschlechtsapparat des Weibchens zeigt die Trennung in einen grossen, ventral gelegenen Dotterstock von meist viereckiger Gestalt und in einen kleinen Eierstock, der als ein schmaler Streif mit einer Anzahl Kerne am hinteren Ende des ersteren liegt. Dotterstock und Keimdrüse sind durch eine dünne Membran von einander geschieden, welche jenen allseitig umgiebt. Beide Organe werden von einer zarten Hülle umschlossen, die an der Kloake ausmündet und hinter dem Eierstock als uterus

bezeichnet werden kann. Die noch in der Entwicklung begriffenen Eier stehen innerhalb des letzteren in directer Berührung mit dem dotterbereitenden Abschnitte, da der Eierstock nicht die ganze hintere Fläche desselben einnimmt. Ist dann auf dem Wege der Diffusion das Deutoplasma in das Ei übergetreten, so wird dieses aus dem uterus gestossen und dem hinteren Körperende angeklebt. Von den weiblichen Sommereiern werden 1—2, von den kleineren männlichen bis 5 gleichzeitig umhergetragen.

Die Wintereier bieten manches Eigentümliche. Sie besitzen eine Grösse von 0,076 und im ganzen 2 Schalen, eine äussere derbe (Fig. 3 *a*) und eine innere zarte (*b*), die eine Strecke weit von einander abstehen und durch eine Anzahl kleiner, radial nach aussen gerichteter und an beiden Enden etwas verbreiterter Stäbchen mit einander verbunden sind. Der Dotter des Wintereies wird ausserdem zu innerst noch von einer dünnen Membran umhüllt, die nur dann sichtbar wird, wenn sich der Inhalt etwas zusammengezogen hat. In demselben finden sich ebensolche goldgelbe Fetttropfen, wie sie für die Sommereier characteristisch sind. Im Gegensatz zu den Wintereiern anderer Rotatorien sah ich dieselben bei dieser Species öfters in Einzahl dem Muttertiere ankleben. Sie scheinen übrigens nur vorübergehend umhergetragen zu werden, denn nach einiger Zeit kann man dieselben auch auf dem Boden des Gefässes finden.

Da man diejenigen Tiere, welche männliche Eier mit sich herumführen, an der grösseren Zahl, ihrem geringeren Durchmesser und der kugelrunden Gestalt der Eier erkennen kann, so hält es nicht schwer, sich in den Besitz der Männchen zu setzen. Dieselben sind sehr bewegliche Tierchen, deren Untersuchung durch die geringe Grösse (0,044) wesentlich erschwert wird. In ihrer Gestalt weichen sie durchaus von den Weibchen ab und entbehren, wie fast alle Rädertiermännchen, einer Mundöffnung und eines Kauapparates. Die flossenartigen Anhänge des Weibchens fehlen völlig, und auch von einem Augenfleck ist nichts am Gehirn zu erkennen. Gosse (67) ist der erste gewesen, welcher die Männchen beobachtet hat, jedoch kann ich seiner Beschreibung hinsichtlich der äusseren Gestalt nicht ganz beistimmen. Sie lassen (Fig. 4) eine Bauch- und eine Rückenseite unterscheiden, von denen diese etwas schmäler ist als jene. Beide hängen durch zwei nach innen gebogene Seitenflächen mit einander zusammen. Nach hinten verjüngt sich der Körper in den Penis, der am freien Ende (t. w.) bewimpert ist und während des Umherschwimmens

teilweise eingezogen wird. Ein Fuss, an den sich der Penis nach GOSSE ansetzen soll, ist nicht vorhanden. Vorn bildet der Körper einen halbkugelig vorspringenden, einstülpbaren Kopf, der mit einem einfachen Cilienkranze und innerhalb desselben mit 2 Büscheln starker Wimpern besetzt ist. Der grösste Teil der Leibeshöhle wird von dem Hoden (*t*) eingenommen, der sich nach hinten in einen flimmernden Ausführgang fortsetzt. Neben dem Sperma, dessen feinere Structur bei der Kleinheit des Objectes nicht zu ermitteln war, liessen sich deutlich die unbeweglichen, schmalspindelförmigen Stäbchen erkennen, deren oben schon bei Besprechung der männlichen Lacinularien Erwähnung gethan wurde. Der dem Hoden aufgelagerte rudimentäre Darm wies constant einige Fetttropfen auf. An dem ausleitenden Kanal des Spermasackes liegt eine Prostata-ähnliche Drüse (pr.); Wassergefässsystem und Sinnesborsten vermochte ich nicht aufzufinden.

5. Triarthra longiseta Ehr.

Über diese Species besitzen wir eine so eingehende Untersuchung von GRENACHER (72), dass ich derselben nur Weniges hinzufügen kann. Ich fing in der Nähe von Bonn zahlreiche Exemplare, bei denen die 3 langen, stachelartigen Cuticularfortsätze, welche für dieses Genus characteristisch sind, völlig glatt und nicht mit den zahlreichen Dornen versehen waren, die EHRENBERG und der eben erwähnte Forscher abbilden. Wie weiter unten gezeigt werden soll, sind Varietäten unter den Rotatorien, namentlich den Loricaten, überhaupt nicht selten. Der hintere, von der Bauchfläche ausgehende Ruderstachel wird nicht, wie GRENACHER vermutet, dadurch nach vorn bewegt, dass ihn die beiden Vorderstachel zwischen sich fassen, sondern vermag selbstständig seine Stellung zu ändern und zwar mit Hülfe zweier kleiner Muskeln, die ich an seiner Basis bemerkt zu haben glaube. In der Magen- und Darmwandung findet man sehr zahlreiche Kerne mit grossen nucleoli, wodurch dieselbe histologisch von den übrigen Rotatorien abweicht, deren tractus aus wenigen grossen und mit deutlicher Membran versehenen Zellen besteht. Der Schlund flimmert.

6. Triarthra terminalis n. sp.

Im Frühjahr 1884 fand ich bei Bonn eine Anzahl Triarthren, die von den 3 bis jetzt bekannten Arten äusserlich etwas abwichen, sonst aber nicht von besonderem Interesse waren. Der Körper des Tieres und der Schwanzstachel besitzen durchschnittlich eine

Länge von 0,18—0,216; die beiden vorderen Ruder sind um die halbe Körperachse grösser. Während die Länge dieser Stacheln eine Verwechselung mit Tr. cornuta unmöglich macht, unterscheidet sich die Species von Tr. longiseta und mystacina dadurch, dass der hintere Körperfortsatz nicht ventral, sondern terminal eben vor der Afteröffnung angebracht ist. Auch kann derselbe nicht nach vorn geklappt werden, sondern ist nur im Stande, mit dem Hinterleibsende geringe Schwankungen auszuführen. Das Tier steht demnach in systematischer Hinsicht mitten zwischen Tr. cornuta und den beiden andern Arten. Die Länge der Hautstacheln schwankt ein wenig: bei manchen Exemplaren sind die Ruderborsten 3 mal, die Schwanzborste 2 mal so lang als der Körper. Dieselben sind glatt; nur einmal fand ich ein Individuum mit sehr kleinen Dornen an den Flossen, wie sie bei Tr. longiseta, welche der neuen Species in allen andern Punkten nahe steht, vorkommen.

7. Triarthra cornuta Weisse. Fig. 5.

Die Grösse dieser Species beträgt von vorn bis zur Spitze des Schwanzstachels 0,172, wovon 0,05 auf den letzteren kommen. Die kleinen spitz-kegelförmigen Flossen, welche seitlich am Halse eingelenkt sind, werden in derselben Weise bewegt, wie es Grenacher von den entsprechenden Gebilden der Tr. longiseta angegeben hat. Der Schwanzstachel kann mit dem Hinterleibsende bewegt werden, ist aber nicht von diesem gelenkig abgesetzt. — Der Räderapparat besteht aus einem einfachen Cilienkranze, der sich in den Mundtrichter fortsetzt. Der Mastax hat Ähnlichkeit mit dem der Philodinäen und besteht im wesentlichen aus 2 Platten, die zahlreiche quere Zahnleisten, darunter 2 besonders grosse, tragen. Ein mit Cilien besetzter Schlund führt in den Magen, in dessen Wandung ich wieder zahlreiche kleine Kerne, wie bei Tr. longiseta, gesehen zu haben glaube. Die dem Anfange des Magens ansitzenden Drüsen zeigten bei allen untersuchten Tieren nur einen grossen Kern. Die Wandung des Enddarmes ist weit dünner als die des Magens. — Der Keimstock liegt am vorderen Rande des Dotterstockes. — Der dorsale Taster steht durch 2 Nerven mit dem Gehirn in Verbindung. Die lateralen Sinnesborsten nehmen dieselbe Stellung ein, wie bei Tr. longiseta. Der von jeder derselben ausgehende Nerv zeigt ein Verhalten, das bis jetzt noch bei keiner andern Species beobachtet worden ist. Er bildet zunächst eine gangliöse Anschwellung unter

den Tasthaaren und zieht dann als ein dünner Faden (Fig. 5 *l. n.*) schräg nach vorn und nach der Bauchseite, wo er in einen Nerv einmündet, der quer zur Längsachse an der Ventralseite verläuft. Ob dieser Querstrang auch mit dem Gehirn in Verbindung steht und Tr. cornuta demnach eine Art Schlundring besitzt, habe ich leider nicht ermitteln können; doch wird dies wahrscheinlich, wenn man die Angaben GRENACHERS zu Rate zieht, der vom Gehirn der Tr. longiseta jederseits einen Nerven abgehen sah, „der seitlich über den Schlund nach der Bauchseite zieht,“ und von dem er vermutet, dass er mit dem lateralen Nerven zusammenhängt. — Die Wintereier lassen, ähnlich wie bei Polyarthra platyptera, ein lufthaltiges Maschenwerk zwischen äusserer und innerer Schale erkennen. Die Sommereier findet man am hinteren Körperende angeklebt.

Die Männchen haben ungefähr eine Grösse von 0,08 und in der Gestalt viel Ähnlichkeit mit den Männchen der noch zu beschreibenden Hertwigia volvocicola. Sie sind cylindrisch, besitzen vorn einen Cilienkranz, über den die Cuticula, ohne weiter bewimpert zu sein, halbkugelig vorspringt. In den daselbst gelegenen Matrixverdickungen, vielleicht auch in Verbindung mit dem grossen Gehirn, sitzen 2 rote Augenflecke, die wie bei den Weibchen deutliche lichtbrechende Körperchen erkennen lassen. Nach hinten verjüngt sich das Tier, und da der enge, flimmernde Ausführgang des Hodens am aboralen Körperende ausmündet, dient dieses zugleich als Penis. Gehirn und rudimentärer Darm bieten nichts Bemerkenswertes. Tastbüschel, Wassergefässe und contractile Blase habe ich bei der steten Beweglichkeit des Tierchens vergebens gesucht.

IV. Familie: Hydatinäa.

8. Notommata aurita Ehr.

Das Hinterende des Gehirns bildet einen mit Kalkconcrementen gefüllten, runden Sack, über den die Schilderungen LEYDIGS und ECKSTEINS verschieden lauten. Während ersterer angiebt, dass von diesem Organ ein bei vielen Tieren mit denselben anorganischen Kügelchen gefüllter Stiel oder Ausführgang ausläuft, hat letzterer den Kalkbeutel nur an dem hinteren, abgerundeten Teile des Gehirns und nicht in unmittelbarer Berührung mit dem ebendaselbst gelegenen Augenfleck beobachtet. Man

kann daraus schliessen, dass das fragliche Gebilde individuellen Schwankungen unterworfen ist, und habe ich mich auch an einer Anzahl von Tieren hiervon überzeugen können. Die Kalkkörperchen gehören dem Gehirn an und zwar in der Regel nur dem hintersten Abschnitte desselben, welcher durch eine leichte Einschnürung von dem davorliegenden abgesetzt ist. An der Übergangsstelle beider befindet sich der rote Augenfleck. Häufig umhüllen die Kalkmassen den Pigmentfleck derartig von allen Seiten, dass derselbe ein schwärzliches Aussehen annimmt. Bei manchen Exemplaren endlich liegen dieselben auch vor dem Augenfleck, entweder unregelmässig im Gehirn zerstreut oder mehr bandartig angeordnet, wie es Leydig zeichnet. Doch findet sich nie ein besonderer Ausführgang. — Die Sinnesborstenbüschel zeigen die gewöhnliche Anordnung. Leicht zu erkennen ist freilich nur der dorsale Taster, welcher aus einer kreis- oder nierenförmigen Öffnung der Cuticula hervortritt und durch 2 Nervenstränge mit dem Gehirn in Verbindung steht. Die lateralen Taster liegen in der Nähe des hinteren Körperendes, genau in der Mitte zwischen den Seitenrändern und der Medianlinie des Rückens. Der an diesen Taster herantretende Nerv bildet direct unter demselben einen kleinen rundlichen Knoten, wird dann zu einem dünnen Faden und schwillt erst in der Höhe der Magendrüsen zu einem Ganglion der gewöhnlichen Form an. Die Nebenaugen, von denen Eckstein innerhalb des Räderapparates noch 2 Paar beschreibt, habe ich trotz vielen Suchens nie entdecken können und glaube daher nicht, dass sie vorhanden sind. Auch kann ich nicht die Ansicht des eben genannten Forschers billigen, dass die Wimperohren vornehmlich sensitive Function haben. Unter dem Druck des Deckglases kommen dieselben freilich nur selten zum Vorschein. Beobachtet man hingegen ein in einem grösseren Wassertropfen unbehelligt umherschwimmendes Tier, so wird man die Cilien derselben immer in einer so lebhaften Bewegung finden, wie sie nur locomotorischen, nie aber nervösen Wimpern zukommt. — Der Räderapparat besitzt bei dieser Species und bei Not. tardigrada eine sehr abweichende, an die Gasterotrichen erinnernde Form. Sieht man von den Wimperohren ab, so besteht er aus einer zum grössten Teil nicht vorn am Kopf, sondern ventral gelegenen, dicht mit kleinen Cilien besetzten Scheibe, die sich auch noch hinter die Mundöffnung fortsetzt und ungefähr in der Gegend des Magenanfanges mit abgerundeter Spitze aufhört. Die Nahrung wird durch einen dreieckigen, schmalen Spalt aufgenommen,

dessen Spitze nach hinten gerichtet ist. — Die Zitterflammen des Wassergefässsystemes sollen weiter unten genau beschrieben werden. Hier sei nur bemerkt, dass sie relativ sehr gross sind, was immer der Fall ist, wenn ihre Zahl (hier 4) auf jeder Seite eine beschränkte ist, und dass die Seitenansicht sich durch ungewöhnliche Breite auszeichnet.

9. Notommata vermicularis Duj.

Der dem Hinterende des Gehirns ansitzende Augenfleck zeigt eine sehr deutliche halbkugelförmige Linse, welche manchmal in mehrere (3, 4) kleine Kügelchen zerfallen ist, die dann isoliert vor der Pigmentmasse liegen. Von dem Vorderteil des Gehirns gehen 2 Nervenstränge an einen Busch dorsaler Sinneshaare. Laterale Taster habe ich bis jetzt noch nicht finden können, obwohl dieselben sicherlich vorhanden sind. Auch die nackenständigen Gefühlsborsten sind nicht immer leicht zu sehen. — Der enge und wegen seiner Länge etwas gewundene Schlund zeigt eine sehr deutliche Wellenbewegung, die von vorn nach hinten vorschreitend, denselben beständig durchzieht und durch einen dichten Besatz sehr kleiner Cilien hervorgerufen wird. Eine zweite Wellenbewegung findet sich dort, wo der Schlund in den Magen übergeht. Hier sind 2 (oder mehrere?) lange Wimpern angebracht, über deren Thätigkeit Eckstein bei Not. aurita (pag. 361) und Brachionus (p. 415) näher berichtet. — Den Keimstock habe ich noch nicht erkennen können; doch muss er am Vorderende des Dotterstockes liegen, weil hier die Eier constant angelegt werden.

10. Notommata lacinulata Ehr. (Fig. 6).

Die Angaben Ecksteins, dass der Körper „überall gleich breit und an beiden Enden plötzlich scharf abgeschnitten ist", kann ich nicht bestätigen, finde vielmehr, dass Eyferth ganz richtig die Gestalt des Tieres keilförmig nennt, weil dieselbe sich gleichmässig von vorn nach hinten verjüngt. Dabei lassen sich eine Bauch-, eine Rücken- und zwei Seitenflächen unterscheiden, die besonders deutlich in der mittleren Körperregion ausgeprägt sind, vorn aber abgerundet in einander übergehen. In der Seitenansicht Fig. 6 ist durch den Druck des Deckglases das Tier etwas breit gepresst, sodass man die 2 verdickten Kanten sieht, in denen die Seitenflächen mit dem Rücken und dem Bauche zusammenstossen. Man könnte dem Tiere einen Panzer zuschreiben, wenn die genannten Flächen nicht vorn allmählich in die Cuticula des

Räderapparates übergingen. Letzterer ist sehr einfach gebaut und besteht im wesentlichen aus einem Cilienkranze. Der Kauapparat zeigt, wie schon Ehrenberg gefunden hat, die Eigentümlichkeit, dass 2 tastercirkelförmige Spangen beständig weit aus der Mundöffnung herausragen. Sie sind jedoch nicht, wie Leydig vermutet, zu einer Art Röhre oder Rüssel vereinigt. Die Muskulatur des Mastax ist ringförmig angeordnet, der Verdauungskanal, wie gewöhnlich, in Magen und Enddarm gesondert. Ein dorsaler Taster bietet nichts Bemerkenswertes, 2 laterale glaube ich gesehen zu haben, doch bin ich hierin nicht ganz sicher. Der Eierstock liegt, wie man zuweilen schon am lebenden Tier deutlich erkennen kann, am Vorderende des Dotterstockes. Die etwas gebogenen Zehen liefen bei allen untersuchten Tieren spitz zu und endigten nicht so stumpf, wie es Eckstein zeichnet. Wo sie in das Hinterende des Körpers eingelenkt sind, befindet sich an der dorsalen Seite ein kleines Grübchen, in dem 3 ziemlich lange Borsten wurzeln. Dieselben werden von keinem der früheren Beobachter erwähnt, und ist es daher immerhin möglich, dass diese Cuticularfortsätze in ihrem Vorkommen individuellen Schwankungen unterworfen sind, wie es z. B. bei Euchlanis dilatata Ehr. auch der Fall ist.

11. Notommata tripus Ehr.

Die Anhäufung von Kalkkörperchen im Gehirn variiert bei den einzelnen Individuen. Bei dem von Leydig untersuchten Exemplar beschrieben sie eine dreilappige Figur, welche den Augenfleck bedeckte. Bei den von mir beobachteten Tieren bildeten dieselben dagegen einen hinter dem Augenfleck gelegenen Ballen, der von der Hauptmasse des Gehirns durch eine leichte Einschnürung abgesetzt war. Ein dorsaler und 2 laterale Taster.

12. Notommata hyptopus Ehr.

Die folgenden Angaben stützen sich nur auf die Beobachtung eines einzigen Tieres und bedürfen daher noch weiterer Bestätigung. Die Körperwandung nimmt hinsichtlich der Ausbildung der Cuticula eine mittlere Stellung zwischen den gepanzerten und den ungepanzerten Rädertieren ein. Hinter dem Räderorgan verdickt sich dieselbe zu einer queren Leiste, welche in der Mitte des Rückens eine Einkerbung zeigt und zu beiden Seiten derselben leicht gewellt ist. Die Cuticula entspricht daher in der Form ganz dem Panzer der Loricaten, ist aber andererseits so

nachgiebig, dass sie mit dem Räderorgan eingestülpt werden kann. Das Gehirn ist gross, 2lappig und trägt auf der Unterseite einen grossen tiefroten Augenfleck; es steht durch zwei Nerven mit einem dorsalen Tastbüschel in Verbindung. Auch laterale Taster sind in der Nähe des hinteren Körperendes vorhanden. Der Räderapparat weist einen einfachen Ciliensaum auf, innerhalb dessen sich einige längere, ebenfalls schlagende Wimpern und jederseits ein Paar grosser, meist unbeweglicher Borsten befinden. Der Dotterstock bildet ein Hufeisen, dessen Schenkelenden sich auch dorsalwärts vom Darm ausbreiten.

13. Lindia torulosa Duj. = Notommata tardigrada Leyd.

Bei Schilderung der Lindia torulosa Duj. hebt Cohn (26) die grosse Ähnlichkeit dieser Form mit Not. tardigrada Leyd. hervor. Letztere „besitzt dieselbe Bewegungsweise und Körperform, sie hat das Gebiss, den Augenfleck mit dem Kalkbeutel, die quergefaltete Schlundröhre von Lindia und unterscheidet sich nur durch das Flimmern an der Mundöffnung, den Mangel der ohrartigen Wirbelorgane, vielleicht auch durch die Grösse ($\frac{1}{4}'''$)." Ich habe wiederholt ein Rädertier gefunden, das völlig mit der Beschreibung, die Leydig von Not. tardigrada gegeben hat, übereinstimmt, ausserdem aber jederseits ein Wimperohr besitzt und mich deshalb vermuten lässt, dass beide Species synonym sind. Diese Wimperohren sind, wenn das Tier langsam, wie kriechend, umhergleitet, eingezogen und werden nur beim raschen Schwimmen entfaltet. Da Leydig von seiner Species nur angiebt, dass sie sich „träge, langsam kriechend" bewegt, ist es sehr gut möglich, dass er die Wimperohren nicht zu Gesicht bekommen hat. Weil ferner Lindia torulosa nach Cohn im Stande sein soll, mit eingezogenen Wimperohren umherzukriechen, so muss dass Tier noch andere Cilien vorn am Kopf besitzen, die Cohn übersehen haben wird, wodurch der letzte Unterschied zwischen beiden Tieren aufgehoben wäre. Färbung und Grösse, die bei jenen ebenfalls geringe Differenzen zeigen sollen, sind überhaupt bei Rotatorien so veränderlicher Art, dass sie erst in zweiter Linie bei der Systematik Verwendung finden dürfen. Eins der von mir untersuchten Tiere hatte eine Grösse von 0,264. Das Gehirn steht mit einem dorsalen Taster von gewöhnlicher Form in Verbindung. In der Nähe des hinteren Körperendes sitzen auf dem Rücken, dem Seitenrande genähert, die lateralen Taster, deren Nerv unterhalb der starren Wimpern zu einer kleinen Kugel anschwillt, dann sich zu

einem dünnen Faden auszieht und erst weiter vorn ein länglich-ovales Ganglion bildet. Die Wassergefässe mit mehreren Flimmerlappen ragen nach vorn bis zu den Matrixverdickungen des Kopfes. Leydig sagt von der Not. tard., er glaube sich bestimmt überzeugt zu haben, dass der Magen kein Flimmerepithel im Innern aufweise. Da der Mangel solcher Cilien von keinem andern Rotator bekannt ist, und auch die von mir daraufhin geprüften Tiere deutlich das Spiel derselben erkennen liessen, würde ich jene Angabe für irrtümlich halten, wenn nicht Balbiani (5) in einer besonderen Anmerkung die Richtigkeit dieser Beobachtung hervorhöbe. Diese Differenz der Angaben spricht allein gegen die hier vertretene Synonymie der Not. tard. Leyd. und Lindia tor. Duj.

14. Hertwigia volvocicola. n. sp. (Fig. 7, 8).

In den Kolonieen von Volvox globator habe ich im August das Weibchen und Männchen eines neuen Rädertiers gefunden, welches auf den ersten Blick Ähnlichkeit mit der gleichfalls in jener Alge lebenden Not. parasita besitzt, sich aber von dieser, sowie von der ebendaselbst schmarotzenden Not. Petromycon durch den völligen Mangel der Zehen in beiden Geschlechtern unterscheidet. Das Genus ist am nächsten verwandt mit Ascomorpha, weicht von dieser jedoch durch die tonnenförmige Gestalt, den Besitz eines Enddarmes und dadurch, dass die Eier abgelegt, nicht vom Weibchen mit herumgetragen werden, erheblich ab. Wohin dasselbe in der Systematik zu bringen ist, kann sich erst bei einer späteren, gründlichen Revision herausstellen; ich halte Hertwigia für eine Form, welche den Übergang von den Hydatinäen zu den Asplanchnäen bildet, mit jenen den Besitz des Enddarmes, mit diesen die allgemeine Körperform (Mangel des Fusses), die Beschaffenheit des Räderapparates und die Duplicität des dorsalen Tasters teilt.

Das Weibchen, das nach seinem Aufenthaltsort den Speciesnamen volvocicola erhalten mag, hat im erwachsenen Zustande eine Grösse von circa 0,12 und eine tonnenförmige Gestalt, die sich nach hinten zu verschmälert und am aboralen Körperpole mit breit abgeschnittener Spitze endigt (Fig. 7). Der Räderapparat besteht aus einem Cilienkranze, über den sich das Vorderende des Körpers halbkugelig hervorstülpt und über und über mit kleinen Härchen besetzt ist. Es erinnert dasselbe sehr an die typische Kopfform der Rotatorienmännchen. Der Kopf trägt an der Ventralseite die Mundöffnung, welche unmittelbar in den

Kauapparat führt, und verlängert sich dorsal in eine eigentümliche Ausstülpung der Haut, die keine Cilien trägt und auch keine anderen auf ein Sinnesorgan hinweisende Differenzierungen besitzt. Unmittelbar hinter diesem Zapfen ist der Hauptwimpersaum des Räderapparates unterbrochen, und dasselbe scheint ventralwärts in der Mitte der Fall zu sein. Wenn das Tier Nahrung zu sich nehmen will, die aus den Individuen der Volvoxkolonie besteht, so schiebt es den vorderen Abschnitt des Kaugerüstes weit aus der Mundöffnung hervor und packt damit seine Beute. Der Räderapparat dient hier demnach lediglich zur Locomotion, nicht ausserdem zum Herbeistrudeln der Nahrung. Aus dem Mastax, über dessen genaueren Bau ich mich noch nicht habe unterrichten können, gelangt die Speise durch einen mässig langen, engen Schlund in den Magen, in dessen vordere Hälfte zwei birnförmige Magendrüsen einmünden. Ein durch eine Einschnürung abgesetzter Enddarm tritt am hinteren Körperpol, der Rückenseite etwas genähert, in die Kloake, welche mit einer contractilen Blase und dem Ausführgange der Geschlechtsorgane in Verbidung steht. Von letzteren habe ich bis jetzt nur den Dotterstock erkennen können, der einen länglichen Sack unterhalb des Tractus darstellt. Das Gehirn trägt an seinem Hinterende einen grossen roten Pigmentfleck und steht mit den dorsalen Tastern in Verbindung, deren hier, wie bei Asplanchna, zwei vorhanden sind; sie stehen etwas weiter nach hinten, als gewöhnlich der Fall zu sein pflegt. Auch laterale Taster glaube ich gesehen zu haben; doch könnte ich mich hierin geirrt haben, da die Untersuchung der in den Volvoxkolonieen befindlichen Tiere durch die grünen Individuen derselben, die Beobachtung der frei umherschwimmenden Exemplare aber durch ihre grosse Beweglichkeit sehr erschwert wird. Aus diesem Grunde habe ich auch die Wassergefässe, welche sicherlich vorhanden sind, noch nicht erkennen können. — Aus dem Gesagten geht hervor, dass die weiblichen Hertwigia volvocicola wenig von dem typischen Baue der Rotatorien abweichen und nur in dem Mangel eines Fusses, der Duplicität des dorsalen Tasters und der Beschaffenheit des Kopfes beachtenswerte Verhältnisse darbieten.

Die Männchen (Fig. 8) fanden sich nicht eben selten, meist in 3—4 Zahl innerhalb der Gallerte der Volvoxkugel. Sie sind walzenförmig und haben eine Grösse von nur 0,08, übertreffen daher die Hälfte der Länge des Weibchens um ein Weniges. Sie sind sehr einfach gebaut und entbehren der Mundöffnung, des

Kauapparates und eines besonderen Penis. Der Räderapparat besteht aus einem Cilienkranze, der die Mitte der Bauchseite freilässt und über den die Cuticula sich etwas hervorwölbt zu einer dicht mit kleinen Wimpern besetzten Calotte. Besonders bemerkenswerth ist das Fehlen des kegelförmigen Hautzapfens, welcher den Kopf des Weibchens überragt. Der Leibesraum wird vornehmlich von dem Hoden erfüllt, dessen flimmernder Ausführgang am hinteren, etwas verjüngten Körperende ausmündet. Das Gehirn stellt ein im Verhältnis zur Körpergrösse enorm entwickeltes Organ dar, dem am Hinterrande ein roter Augenfleck ansitzt. Mit Sicherheit habe ich nur einen dorsalen Taster bemerkt, doch ist der andere wohl nur übersehen worden. Über dem Hoden liegt der rudimentäre Darm, der vorn bis an das Gehirn reicht und mit diesem so eng zusammenhängt, dass ich öfters einige Körnchen des Augenpigmentes auf ihn übergetreten fand. Die Wassergefässe sind vorhanden, doch nur sehr schwierig zu erkennen, sodass mir die Art ihrer Ausmündung verborgen blieb. Nur das ist sicher, dass eine contractile Blase fehlt. In dem rudimentären Darm habe ich nie Spuren von Kalkkörperchen, wohl aber zuweilen einige Fetttropfen gefunden. Das Hinter- und Vorderende des Körpers können etwas eingestülpt werden.

Die biologischen Verhältnisse sind ganz ähnlich wie bei Notommata parasita. Während die Weibchen sich vermöge ihrer Kiefer leicht einen Weg in eine Kolonie oder aus derselben herausbahnen können, bleiben die Männchen während der kurzen Zeit ihres Lebens (1—2 Tage) in derselben Volvoxkugel eingeschlossen, in der sie das Ei verliessen. In einer Kolonie fand ich immer nur eine Eisorte, entweder männliche oder weibliche Sommereier oder Wintereier; man kann daraus schliessen, dass dasselbe Weibchen immer nur eine Eiart produciert, ein Schluss, der mit vielen an andern Rotatorien gemachten Erfahrungen übereinstimmt. Die zuerst genannten Eier besitzen eine Grösse von 0,056, die gewöhnlichen Sommereier sind etwas grösser, haben aber dieselbe Gestalt; die Wintereier endlich sind mit 2 Schalen versehen, einer äusseren derben und bräunlich gefärbten, die über und über mit kurzen, dicken Borsten besetzt ist, und einer inneren, dünnen und glatten. Ihre Länge beträgt 0,066.

15. Eosphora elongata Ehr.

An einem 0,36 langen Exemplar finde ich, ebenso wie Eckstein, ausser dem Nackenauge noch zwei deutliche Stirnaugen,

so dass ich die Angaben Leydigs über diesen Punkt für irrtümlich halte. Die orange-gelbe Färbung, welche der zuletzt genannte Forscher am Rande des bewimperten Kopfendes bemerkte, kommt auch nur einigen Individuen zu, während sie andern fehlt. Nach Eckstein soll ausser den gewöhnlichen Magendrüsen noch eine andere in Gestalt eines breiten Ringes vorhanden sein, die ich jedoch vergebens gesucht habe. Laterale Taster finden sich am Rücken, dem Seitenrande genähert, ungefähr in der Mitte des Körpers, wenn das Tier völlig ausgestreckt ist.

16. Hydatina senta Ehr. (Fig. 9—12).

Dieses namentlich von Leydig (111) und Cohn (25) gründlich studierte Rädertier, welches schon von Ehrenberg wegen seiner weiten Verbreitung als typischer Repräsentant der ganzen Klasse angesehen wurde, stand mir im Frühjahr 1884 aus einem Graben in der Nähe der Bonner Anatomie in so zahlreichen Exemplaren zu Gebote, dass ich dasselbe eingehend, namentlich hinsichtlich der Fortpflanzungsverhältnisse, untersuchen konnte. Ehe ich jedoch zur Schilderung derselben übergehe, mögen einige anatomische Bemerkungen vorausgeschickt werden.

In der Darstellung des Räderapparates (Fig. 9) sind die Angaben Leydigs weit genauer als die Cohns, doch hat dieser richtig erkannt, dass die starken Borsten, welche sich an der Rückseite der inneren Lippe befinden, „nicht eine ununterbrochene Linie bilden, sondern die Cilien . . . . . . in Bündeln zusammengestellt sind, die sich auf halbkugeligen Polstern erheben.“ Die Abbildung, welche derselbe Forscher giebt, ist freilich nicht genau. Ich finde, dass in der Mitte der Rückenseite des inneren Trichters hintereinander 2 Büschel von ungefähr 6 starken Borsten auf halbkugeligen Polstern eingelenkt sind. Jederseits von diesen und nur durch einen kleinen Zwischenraum getrennt sind 2 andere und nicht ganz so grosse Hervorwölbungen angebracht, die so dicht zusammenstehen, dass sie häufig wie ein Polster erscheinen. Auf der inneren stehen 2, auf der äusseren 5 bewegliche Griffel. Nach innen von dieser Hügelreihe laufen 2 weitere Reihen kleiner Haare hintereinander. Die Cilien, welche die Seitenränder des inneren Kelches bilden, stehen sämtlich nicht in directem Zusammenhange mit den soeben beschriebenen des dorsalen Randes. Sie bilden zwei Reihen, deren äussere, wie aus der Figur ersichtlich ist, weit stärker ist als die innere. Bei beiden werden die Wimpern in der Nähe des Trichtergrundes kleiner und gehen hier in

das feine Flimmerepithel über, welches bis zum Kauapparat herabzieht. Die Rückwand des inneren Kelches zeigt unterhalb des geschilderten Wimperbesatzes noch eine äusserst zarte Strichelung, die nur bei starker Vergrösserung sichtbar wird und ebenfalls aus winzigen Härchen gebildet zn sein scheint. Zwischen den langen Cilien des äussersten Wimperkranzes finden sich an 4 Stellen stärkere Borsten, 2 am dorsalen und 4 am ventralen Rande. — Ob der Schlund mit Flimmerzellen ausgekleidet ist, habe ich noch nicht mit Sicherheit erkennen können. Jedenfalls ist die Einmündungsstelle des Schlundes in den Magen durch einige lange Haare ausgezeichnet, die freilich oft nur schwer zu sehen sind. — In der Muskelmasse des Mastax finden sich deutliche Kerne mit Nucleoli, die ich nicht, wie Leydig, für Muskelquerschnitte halte. Letztere geben dem Schlundkopf ein stellenweise dicht punktiertes Ansehen. — Am Vorderrande des letzteren bemerkt man bei manchen Individuen eine Anzahl (bis 10) kugeliger Hervorwölbungen (x). Dergleichen kann man auch ab und zu bei Tieren anderer Specien (Brachionus Philodinäen) beobachten; doch glaube ich nicht, dass man ihnen eine secretorische Function zuschreiben darf, wie einige Autoren wollen. Dagegen spricht schon die Inconstanz ihres Vorkommens und der Mangel eines besonderen Ausführganges. — Der Magen zeigt histologisch das typische Verhalten: grosse platte Zellen von polygonaler Gestalt, die mit deutlichen Membranen und bläschenförmigen Kernen versehen sind. — Die Klebdrüsen münden an der Spitze der Zehen durch eine kleine Oeffnung aus. Das Secret derselben kann, wie zuerst Eckstein an andern Specien nachgewiesen hat, in dünne Fäden ausgezogen werden. Wenn mehrere Männchen ein Weibchen in einem kleinen Tropfen umschwärmen, kann man öfters beobachten, dass das letztere eins der Männchen in kleiner Entfernung hinter sich her zieht. Zwischen den Zehen der Tiere spannt sich dann ein äusserst zarter Faden jener Klebsubstanz aus. — Eine besondere Eigentümlichkeit bietet Hydatina senta dadurch, dass die beiden Wassergefässe durch einen Querkanal (y) mit einander communicieren. Das Excretionsorgan jeder Seite bildet vorn, unterhalb der Matrixverdickungen des Kopfes ein Knäuel (ν') und verschlingt sich in ganz ähnlicher Weise in der Höhe des Magenanfanges (ν). In der Nähe der contractilen Blase erweitern sich die drüsigen Wände des Kanals etwas, um dann mit einem scharf umschriebenen, kreisrunden Loche in dieselbe zu treten. In der Wandung der Blase setzen sich die Contouren des Wassergefäss-

kanales, wie es auch vielfach bei andern Rotatorien zu beobachten ist, noch eine kurze Strecke fort, woraus man schliessen kann, dass die contractile Blase aus der Verschmelzung der Wassergefässe entstanden ist. Hier und da finden sich in der Wandung der letzteren bläschenförmige Kerne mit Nucleolus. Zwischen den vorderen Knäuel spannt sich das oben erwähnte Quergefäss in einem grossen, nach hinten concaven Bogen (*y*) vor dem Gehirn und etwas unterhalb desselben aus. Dieser Kanal erinnert durch seine Lage und Form ausserordentlich an die Anastomose der Excretionsorgane bei Lacinularia socialis, von der er sich nur durch den Mangel der Zitterflammen unterscheidet. Histologisch unterscheidet sich der Verbindungskanal nur durch etwas geringere Breite von den Seitengefässen. Die Zitterflammen sitzen meist direct den Hauptstämmen an und stehen nur selten durch einen längeren Stiel mit denselben in Verbindung. Bartsch Samu (7) zeichnet 2 neben einander laufende Gefässe, eins mit drüsiger Wandung und eins, dem die Zitterorgane ansitzen. Ein derartiges Verhalten habe ich nie beobachten können. Der feinere Bau der Zitterflammen bietet nichts Bemerkenswertes und soll bei Euchlanis und Asplanchna geschildert werden. Die Wassergefässe zeigen zuweilen stellenweise in der Wandung nicht die gewöhnliche feinkörnige Structur, sondern enthalten eine homogene, glänzende, das Licht stark brechende Masse. Derartige fettähnliche Substanzen, welche vielleicht nur pathologischer Natur sind, finden sich auch bei andern Arten (Brachionus, Euchlanis) nicht selten. — Über das Nervensystem kann ich einige neue Mitteilungen machen. Von den Vorderecken des Gehirns laufen jederseits nach vorn 3 Nervenstränge, welche diejenigen Matrixverdickungen versorgen, die den inneren Kelch des Räderapparates, vornehmlich die Polster für die grossen, seitlichen Borstenbüschel bilden. Ausser dem dorsalen Taster findet sich an jeder Körperseite, ungefähr in der Mitte des ausgestreckten Tieres, ein lateraler, der nicht immer leicht zu finden und daher bis jetzt von allen Beobachtern übersehen worden ist. Er zeigt den typischen Bau, wie er diesen Organen bei fast allen Rotatorien zukommt. Aus einer kreisrunden Oeffnung der Cuticula ragt ein Büschel starrer Wimpern, von denen die innersten senkrecht, die äusseren schräg zur Ebene der Oeffnung gestellt sind. Sie wurzeln in einem Nerven (*l. n*), der zunächst einen kleinen Knopf bildet, dessen zarte Längsstreifung, wie mir scheint, durch die Fortsetzung der Sinnesborsten hervorgerufen wird; sie hört da auf, wo der Knopf

in ein grosses, länglich ovales Ganglion übergeht, das sich nach vorn in einen längs der Körperseiten verlaufenden Nerv auszieht. Wo dieser letztere eigentlich endet, muss noch durch weitere Untersuchungen festgestellt werden; nur das vermag ich mit Sicherheit anzugeben, dass derselbe nicht, wie man vermuten sollte, mit dem Gehirn sich direct verbindet. Von seinem hinteren Ende aus lässt sich der laterale Nerv nach vorn bis zum vordersten Gefässknäuel verfolgen; er hat sich dabei der Bauchseite zugewandt und endet entweder unter der Haut oder, wie mir wahrscheinlicher ist, in Verbindung mit dem Wassergefäss. Dass er nicht mit dem Gehirn in Verbindung stehen kann, geht daraus hervor, dass der Nerv seine Lage nicht ändert, wenn das Gehirn bei einer Einstülpung des Räderapparates nach hinten verschoben wird. — Der weibliche Geschlechtsapparat besteht nicht, wie man allgemein angegeben findet, aus einer einfachen Keimdrüse, in deren feingranulierte Dottermasse grosse, von lichten Höfen umgebene Eikerne eingebettet sind, sondern zeigt eine doppelte Zusammensetzung aus einem bis dahin allein beobachteten grossen Dotterstock (*d. s*) und aus einem im Verhältnis zu diesem sehr kleinen Eierstock, der sich als ein schmaler Streifen am Vorderrande des Dotter bereitenden Abschnittes hinzieht. (*k. s*). Diese functionelle Sonderung wird der aufmerksame Beobachter vielfach schon ohne Anwendung von Reagentien mit aller, nur wünschenswerten Deutlichkeit erkennen. Ist der Dotterstock jedoch sehr dichtkörnig und dunkel, so gelingt es oft nur sehr schwer, die Eizellen aufzufinden, auch nach Gebrauch verdünnter Säuren, und muss man dann zu Tinctionsmitteln greifen, um mit Sicherheit die Eikerne nachzuweisen. Wie aus der Abbildung ersichtlich ist, werden Keim- und Dotterstock gemeinsam von einer dünnen, elastischen Membran umhüllt, welche einen birnförmigen Sack zwischen Magen und contractiler Blase bildet, und an der Rückfläche in die Kloake ausmündet. Der untere Teil dieses Sackes, den man als uterus (tuba Cohn) bezeichnen kann, stellt für gewöhnlich einen zusammengefallenen häutigen Kanal vor, der oft schwer zu erkennen ist. Die reifen Eier bleiben nur kurze Zeit in demselben, um dann abgesetzt zu werden. Am deutlichsten erblickt man diesen Abschnitt eben nach dem Austritt eines Eies, weil bei demselben soviel Wasser einzudringen pflegt, dass der uterus prall gefüllt wird. Weitaus der grösste Teil jenes Sackes wird von dem Dotterstocke eingenommen, dessen Form sehr verschieden ist, je nachdem derselbe bei gut genährten

Tieren viel Dotter enthält, oder bei hungernden zusammengeschrumpft ist. An demselben lassen sich unterscheiden eine feinkörnige, mit vielen Fetttröpfchen durchsetzte Dottermasse, welche nach aussen von einer sie allseitig umhüllenden, sehr zarten und structurlosen Membran (*l*) begrenzt wird, und eine Anzahl (circa 12) in jener eingebetteter, grosser und unregelmässig länglicher Nuclei, deren nicht granulierte Substanz als helle, homogene Ringe scharf gegen die enorm entwickelten Nucleoli absticht. Der Dotter des Dotterstockes bildet eine zusammenhängende Masse und ist nicht, wie COHN auf Grund von Quellungserscheinungen (pag. 447 l. c.) angiebt, in einzelne Zellen gesondert. Die Nuclei finden sich immer nur in beschränkter Zahl und erhalten sich in derselben während ihres ganzen Lebens, was nicht der Fall sein könnte, wenn sie zu den Keimbläschen der Eier würden. In der Form gleichen sich Kern und Nucleolus fast immer völlig, sodass ersterer einen gleich breiten Ring um letzteren beschreibt; doch findet man auch öfters Nuclei von mehr polygonalen Umrissen, deren Ecken spitz ausgezogen sind. In der Regel vermehren sich die Dotterkerne nicht; ob aber nicht ausnahmsweise doch eine Teilung stattfinden kann, verdient noch genauer untersucht zu werden. Man findet nämlich ab und zu Tiere, bei denen die Dotterkerne im lebenden Zustand weniger als gewöhnlich hervortreten, und deren Nucleoli nach Säurezusatz einen Zerfall in 2 oder auch 3 verschieden grosse Stücke erkennen lassen (Fig. 10). Auffallend ist, dass bei solchen Individuen stets alle Nucleoli im Dotterstock Einschnürungen oder Zusammensetzung aus mehreren Stücken aufweisen, und dass ich nie einen entspechenden Zerfall in den zugehörigen Nuclei habe wahrnehmen können. — Der Eierstock der Hydatina senta besteht aus einem Haufen verschieden grosser Zellen, die zusammen ein bandförmiges Organ bilden. Betrachtet man ein Weibchen von der Bauchseite, so liegen stets die jüngsten und kleinsten Eikerne bei der rechten Ecke des Eierstockes und werden nach links zu allmählich grösser; die grösste stösst an der linken Ecke unmittelbar an die eben angelegten Eier, deren Stelle sie einnimmt, so bald das vorliegende Ei in Folge des Wachstums weiter nach hinten gerutscht ist. Jeder Eikeim repräsentiert in der linken Ecke eine gesonderte Zelle, deren bläschenförmiger Kern mit dem Wachstum des Zellkörpers gleichfalls an Grösse zunimmt. Hier liegen dieselben auch öfters geldrollenartig neben einander oder geben sich durch gegenseitigen Druck eine cylindrische oder mehr cubische Form. Je mehr die Keimzellen

dem rechten Ende des Eierstockes genähert sind, desto schwerer wird es, an ihnen distincte Zellgrenzen zu erkennen, und ganz nach rechts schliesst sich an sie ein Keimlager, dessen Protoplasma ein continuierliches, von Kernen durchsetztes Stroma bildet. — Dadurch dass sich die grösste Keimzelle von den übrigen ablöst und neben den Dotterstock zu liegen kommt, wird sie zu einer Eianlage (*z*), an die sich der das Nährmaterial bereitende Abschnitt eng anschmiegt. Dieselbe zeigt als äussere Hülle eine sehr zarte Haut, und im Innern eine helle, sehr feinkörnige protoplasmatische Masse, die sich scharf gegen den dunklen Dotter des Dotterstockes abhebt. Der Kern ist auf diesem Stadium ein deutlich sichtbares Bläschen, das nur wenig grösser als der Kern des benachbarten Eikeims, dagegen total verschieden von den Dotterkernen, den früher so genannten „Eikernen", ist. Vergleicht man mit diesem Ei ein älteres (*z'*), so zeigt sich, dass das Keimbläschen grösser, die äussere Membran fester geworden ist, und dass das Protoplasma sich bedeutend vermehrt und eine trübe dichtkörnige Beschaffenheit angenommen hat, die dem Dotter des Dotterstockes völlig gleicht. Letzterer Umstand bewirkt, dass an den zum Legen reifen Eiern der Kern nur selten ohne Reagentien zu sehen ist. Da das Auftreten des dunklen Dotters Hand in Hand mit der Grössenzunahme des Eies geht, kann es kaum zweifelhaft sein, dass das Wachstum der jungen Eianlagen dadurch zu Stande kommt, dass in dieselben Deutoplasma aus dem daneben liegenden Dotterstock übertritt, und zwar auf dem Wege der Diffusion, da die Membranen, welche Ei und Dotterstock umhüllen, keinen Bruch erleiden. Den geschilderten Entwicklungsmodus habe ich übrigens nur an Sommereiern beiderlei Geschlechts beobachtet und vermag daher nicht anzugeben, auf welche Weise die doppelte Schale und der Haarbesatz der Wintereier sich bilden; doch scheinen mir diese Ausscheidungsproducte der Uteruswandung zu sein. Wie Abbildung 9 zeigt, ist der Dotter der fast reifen Eier (*z'*) zu einer gewissen Zeit gleichmässig dunkel und dichtkörnig. Ehe sie jedoch abgesetzt werden, nimmt derselbe eine hellere Beschaffenheit an, indem die dunklen Körnchen sich zu zahlreichen Körnern zusammenballen, die in eine hellere Grundmasse eingestreut sind. (Fig. 11. 1.). In diesem Zustande werden die Sommereier meist abgesetzt, um sich parthenogenetisch innerhalb 24 Stunden zu Männchen oder Weibchen zu entwickeln. Häufig kommt es auch vor, dass jene Körner unter sich wieder besondere Gruppen bilden, und das Ei in Folge dessen den Ein-

druck einer Blastula macht. — Hält man eine grosse Menge von Hydatinen in einem Uhrschälchen, so kann man sich davon überzeugen, dass die Tierchen eine Art Geselligkeitstrieb besitzen, der sie veranlasst, ihre Eier stets dort abzusetzen, wo schon eins oder mehrere derselben von Ihresgleichen hingelegt worden sind. Man findet daher alle Eier auf einem oder auch 2—3 Haufen. Schon Ehrenberg ist es aufgefallen, dass sich zwischen den gewöhnlichen Sommereiern kleinere vorfinden, welche durch einen schwarzen Fleck ausgezeichnet sind. Cohn hat zuerst den Nachweis geführt, dass die aus diesen Eiern schlüpfenden Tiere die Männchen der Hydatina senta sind. Mit Sicherheit lassen sich jedoch frisch gelegte männliche und weibliche Eier nicht unterscheiden, da einerseits die Grösse bei beiden beträchtlich schwankt, andererseits der Harnfleck erst auftritt, wenn die embryonale Entwicklung fast vollendet ist. Nach zahlreichen Messungen besitzen die männlichen Sommereier eine Länge von 0,072—0,116, die weiblichen von 0,104—0144, die Wintereier von 0,108—0,144 (Haare nicht mitgerechnet). Für jede der drei Eisorten gilt als Regel, dass die kleineren unter ihnen rund, die grösseren oval geformt sind.

Hinsichtlich der Männchen kann ich fast sämtliche Angaben, welche Leydig im Gegensatze zur Cohn'schen Darstellung gemacht hat, bestätigen. Das Räderorgan senkt sich trichterförmig nach hinten und unten ein, wenn auch nicht so tief, wie beim Weibchen und lässt daraus schliessen, dass dasselbe ursprünglich sich in eine Mundöffnung fortgesetzt hat; das Band, welches sich dorsal an den Hoden anheftet, ist unzweifelhaft ein rudimentärer Darm. Es geht dies einmal aus der Lage und dann daraus hervor, dass die eigentümlichen Haufen kleiner Kalkkörnchen, welche im Enddarm mancher weiblicher Rädertiere vorübergehend vorkommen, in dem Endabschnitt jenes Suspensor testis enthalten sind. Ob aber die goldgelben Tröpfchen, welche man bei manchen Exemplaren zerstreut im rudimentären Darm findet, mit den gelbbraunen Kügelchen zu identificieren sind, denen man in den Magenzellen der Weibchen eine leberartige Function zuschreibt, erscheint mir sehr zweifelhaft. Sie machen eher den Eindruck von Fett. — Zum Nervensytem der Männchen sind auch laterale Sinnesbüschel zu rechnen, welche nach Stellung und Bau genau denen der Weibchen entsprechen. — Nur in einem Punkte befinde ich mich im Widerspruch mit den Angaben Leydigs. Derselbe zeichnet, wie auch Cohn, eine contractile Blase, welche jederseits ein Wassergefäss aufnimmt. Eine solche habe ich stets vergebens gesucht,

obwohl ich viele Tiere gerade auf diesen Punkt hin geprüft habe, und dieselbe, wenn wirklich vorhanden, im prallen Zustande leicht in die Augen fallen müsste. An einem besonders günstigen Exemplare (Fig. 12) habe ich mich überzeugt, dass die Excretionskanäle von einander getrennt an der Spitze des Penis ausmünden und in ihrem letzten Abschnitte mit kurzen Wimpern besetzt sind. An der Basis des Penis verknäuelt sich jedes Gefäss (*ν*), gleicht aber in seinem weiteren Verlaufe dem des Weibchens. Ob in der Kopfregion auch ein verbindender Querkanal vorhanden ist, bleibt noch zu untersuchen. Wie Leydig richtig bemerkt, wird die dichte Längsstreifung am Hinterende des Hodens durch eigentümliche bewegungslose Stäbchen von 0,02 Länge hervorgerufen, die an beiden Enden in eine sehr feine Spitze ausgehen, und ist nicht die Folge einer besonderen Structur der Wandung. Sie gelangen bei der Begattung mit in die Leibeshöhle des Weibchens, verhalten sich aber auch hier ganz passiv und können daher nicht als Spermatozoen [1]) angesprochen werden, zumal als solche ganz unzweifelhaft die bekannten, mit Schwanz und undulierendem Saum versehenen Gebilde anzusehen sind. Wir werden weiter unten auf die vermutliche Function dieser Stäbchen zurückkommen. Der Ausführgang (*v. d.*) des Hodens weist zahlreiche Ringmuskeln auf und flimmert im Innern. Die Cilien sind an der äusseren Öffnung am grössten und ragen hier frei heraus. Daselbst finden sich auch zwei besonders starke Borsten.

Von besonderem Interesse ist das Verhalten, welches diese Zwergmännchen den Weibchen gegenüber zeigen. Was wir hierüber wissen, beschränkt sich auf die von den verschiedensten Forschern gemachte Beobachtung, dass die Spermatozoen zuweilen in der Leibeshöhle der Weibchen frei umherflottierend gefunden werden. Wie dieselben dorthin gelangen, und wie sie sich zu den Geschlechtsorganen verhalten, war noch zweifelhaft, und habe ich daher besonders auf diesen Punkt meine Aufmerksamkeit gerichtet. Auch über den Akt der Begattung sind wir bis jetzt nur unvollkommen unterrichtet, da Dalrymple, Brightwell und Cohn nur mit schwachen Vergrösserungen beobachtet haben, dass die Männchen sich an die Weibchen anheften, nicht dagegen entscheiden konnten, ob eine besondere Genitalöffnung vorhanden ist oder fehlt. In Folge der geringeren Grösse, welche die männ-

---

[1]) Vergl. hierüber: Leydig, Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Tiere. Bonn. 1883.

lichen Eier durchschnittlich im Vergleich mit den weiblichen besitzen, finden sich bei den Tieren mit männlicher Tracht mehr (3—5) Eier gleichzeitig auf verschiedenen Entwicklungsstadien vor, als dies bei Individuen mit weiblicher Tracht der Fall ist. Bei letzteren sieht man selten mehr als ein fast reifes und ein eben angelegtes Ei an den Keimstock anstossen, und kann man bei Berücksichtigung dieser Unterschiede leicht diejenigen Weibchen isolieren, welche nur Männchen producieren, die auf andere Weise nur sehr schwer in grösserer Zahl aufzutreiben sind. Um den Akt der Begattung zu beobachten, thut man gut, gleichzeitig eine grössere Anzahl (6—10) Männchen mit einem Weibchen in einem kleinen Tropfen zu isolieren. Die ersteren besitzen nämlich nicht die Fähigkeit, die Nähe des anderen Geschlechts zu wittern, auch nicht dann, wenn das siedende Gewimmel der Samenfäden, — welches manchmal erst am zweiten Tage nach dem Verlassen des Eies eintritt, — anzeigt, dass sich die Tierchen in einem begattungsfähigen Zustande befinden. Auch die Weibchen bekümmern sich nicht um die Männchen; beide werden lediglich durch den Zufall zusammengeführt, und bringt man daher nur 1 oder 2 Männchen mit einem oder wenigen Weibchen zusammen, so muss man oft Stunden lang warten, bis eine Begattung wirklich eintritt. Oft kommen beide Geschlechter vielfach mit einander in Berührung, ohne zu copulieren, wie auch schon Cohn mit der Lupe beobachtet hat, dass die Männchen „die Weibchen umschwärmen, sich an diese anlegen, meist aber von diesen..... wieder zurückgeschreckt werden". Bei der Begattung wird merkwürdiger Weise der Penis des Männchens nicht in die Kloake oder in eine andere Öffnung der Cuticula geschoben, sondern durchbricht letztere an irgend einer beliebigen Stelle und befördert wahrscheinlich durch eine energische Contraction der Muskulatur des Hodens die stäbchenförmigen Körper und das Sperma in die Leibeshöhle. Während der Begattung krümmt sich der Körper des Männchens so, dass die Bauchseite einen concaven Bogen darstellt. Die Zehen werden hierbei nicht gebraucht, sondern auch der Ventralfläche zugewendet, sodass das ganze Tier eine halbmondförmige Gestalt annimmt und nur mit dem ausgestreckten Penis sich festheftet. Da eine besondere Genitalöffnung nicht vorhanden ist, kann ein Weibchen gleichzeitig von mehreren Männchen begattet werden, ein Vorgang, der in der Natur wegen der Seltenheit der letzteren wohl kaum vorkommen dürfte, den ich aber unter den oben angegebenen Bedingungen wiederholt beobachtet habe; so sah ich

2, 3, 5 und einmal eine noch grössere Zahl von Männchen (6—8) gleichzeitig mit demselben Weibchen copulieren. Es ist mir öfters aufgefallen, dass, wenn man Tiere beiderlei Geschlechts in einem kleinen Tropfen isoliert, dieselben zunächst längere Zeit gleichgültig an einander vorbeischwimmen; umschwärmt jedoch erst ein Männchen das Weibchen, so sammeln sich bald mehrere der ersteren um dasselbe, gleichsam als ob die Männchen sich gegenseitig bemerkten. Bei der Begattung wird der Penis nicht in seiner ganzen Länge durch die gebildete Öffnung der Cuticula in die Leibeshöhle hereingeschoben, sondern klebt nur äusserlich derselben an. Sie wird nur sehr klein sein, denn ich habe nie nach erfolgter Begattung Spuren derselben in der Haut wahrnehmen können. Leider kann ich nicht mit Sicherheit angeben, wie die Öffnung zum Übertritt des Sperma entsteht, da die stete Beweglichkeit der copulierenden Tiere die Untersuchung sehr erschwert. Aus der Beobachtung von Tieren, die gleichzeitig von mehreren Männchen begattet und in diesem Augenblicke durch ein Deckglas festgehalten wurden, glaube ich jedoch schliessen zu dürfen, dass die grossen Borsten an der Penisöffnung und die pfeilartigen Stäbchen, die wegen ihrer Lage im Vas deferens zuerst herausgepresst werden, die Körperwand des Weibchens durchbrechen. Alle diese zweifelhaften Punkte würden sich ohne Schwierigkeit an den grossen Asplanchnaarten lösen lassen. An demselben Genus würde man auch relativ leicht beobachten können, welchen Einfluss das Sperma auf die Bildung der Eier ausübt, ob die Begattung auch eine Befruchtung nach sich zieht oder ob, — wie ich glaube —, die Samenfäden in der Leibeshöhle der Weibchen sämtlich nach einiger Zeit zu Grunde gehen, und der Begattungsakt durch das Auftreten der Parthenogenese seine weiteren Folgen verloren hat. Es wäre dies ein in der Tierreihe nach unsern jetzigen Kenntnissen wohl einzig dastehender Fall, den man als einen „rudimentären Vorgang“ in demselben Sinne bezeichnen könnte, wie man Organe, die ausser Function getreten sind, rudimentär nennt. Leider wusste ich, als ich das Verhalten der Spermatozoen in der Leibeshöhle verfolgte, noch nicht, dass nur ein Teil der Geschlechtsorgane, nämlich der Eierstock, bei Entscheidung jener Frage in Betracht kommen kann und richtete meine Aufmerksamkeit daher nicht besonders auf den Vorderrand des Dotterstockes. Was man an den begatteten Tieren beobachtet, ist eigentlich nur sehr wenig. Das Sperma häuft sich zuweilen in einem Klumpen innen um die gebildete Hautöffnung herum an, flottiert

jedoch in der Regel frei in der Leibeshöhle, verteilt sich zwischen allen Organen, zwischen den Fäden des Gehirns so gut, wie in der Nähe der Klebdrüsen und sammelt sich weder in der Umgegend der Geschlechtsorgane vorzugsweise an, noch habe ich je beobachten können, dass die Samenfäden den Versuch gemacht hätten, in dieselben einzudringen. Der Dotterstock eines gut genährten Tieres bildet nächst dem Darm das grösste Organ im Körper, und es ist natürlich, dass sich an seiner Oberfläche mehr Spermatozoen ansammeln als auf einem kleineren, z. B. der contractilen Blase. Übten die Fortpflanzungsorgane ferner eine besondere Anziehungskraft auf das Sperma aus (wie Cohn es bei Conochilus gesehen haben will), so müsste sich dasselbe vorn in der Nähe des Keimstockes ansammeln, was mir sicherlich nicht entgangen wäre, auch ohne zu wissen, warum gerade dieser Teil von den Samentierchen bevorzugt würde. Während die eben in die Leibeshöhle gelangten Spermatozoen sich zunächst noch sehr lebhaft bewegen und daher, wenn sie der Genitaldrüse dicht anliegen, durch das hin und her Schlängeln ihres Schwanzes leicht den Eindruck hervorrufen können, als ob sie sich in dieselbe einzubohren suchten, werden diese Bewegungen nach einigen Stunden immer matter. Dabei schwellen sie am vorderen Ende dick an, werden allmählich kugelförmig und im Innern vacuolisiert, kurz, es ist offenbar, dass sie einen längeren Aufenthalt in der perienterischen Flüssigkeit nicht zu vertragen vermögen, sondern darin sterben und sich zersetzen. Untersucht man ein begattetes Tier nach 24 Stunden, so nimmt man nichts mehr von denselben wahr.

Die ausgesprochene Ansicht, dass sich die Hydatina senta ausschliesslich parthenogenetisch fortpflanzt, stützt sich vornehmlich auf den Mangel einer anziehenden Wirkung der Geschlechtsorgane auf das Sperma, und darauf, dass nie das Eindringen des Samens in jene beobachtet wurde. Aber noch aus anderen Gründen halte ich dieselbe für sehr wahrscheinlich. Wir wissen, dass die tierischen Eier erst dann für das Sperma empfängnisfähig sind, wenn sich an ihnen gewisse Reifeerscheinungen, die sich in dem Austreten von „Richtungskörpern" äussern, vollzogen haben. Diese letzteren sind bei Rotatorien bis jetzt noch von keinem Beobachter gesehen worden [1]), und ich habe sie auch bei den Eiern

[1]) Eine Ausnahme hiervon macht nur Seison, ein Genus, das jedoch auch in vielen anderen Punkten von den übrigen Rotatorien abweicht; Männchen und Weibchen desselben stehen auf gleicher Organisationshöhe.

vergebens gesucht, die von begatteten Tieren gelegt worden waren, also allenfalls hätten befruchtet sein könnnen; der Mangel derselben kann ohne Zwang als eine Folge der Parthenogenese angesehen werden. (Näheres hierüber siehe in Balfour: Vergleichende Embryologie. Übersetzt von Vetter. Band I. 1880 pag. 75). Es ist ferner nicht anzunehmen, dass die unreifen Eikeime im Eierstock im Stande sind, durch die Spermatozoen befruchtet zu werden, und kann daher nur derjenige Eikeim (allenfalls 2, 3) nach der Begattung für die Befruchtung in Frage kommen, der sich vom linken Ende des Eierstockes losgelöst hat und dadurch zur Eianlage geworden ist. Bei Plattwürmern und Arthropoden, bei denen in ganz ähnlicher Weise die Eikeime successive heranreifen, finden wir als Regel ein besonderes Receptaculum seminis, welches das Sperma aufnimmt und nach und nach an die empfängnisfähigen Eier abgiebt. Eine solche Einrichtung, die bei der Seltenheit der Männchen und der schädlichen Einwirkung der Leibesflüssigkeit doppelt notwendig wäre, vermissen wir bei den Rotatorien durchaus. Durch derartige Erwägungen und die angegebenen Beobachtungen wird die ausschliesslich parthenogenetische Fortpflanzung der Rädertiere zwar noch nicht erwiesen, sondern nur wahrscheinlich gemacht. Um die Frage zu entscheiden, werden erneute Untersuchungen, die vornehmlich das Verhalten des Eierstockes an begatteten Tieren berücksichtigen, nötig sein, und würden sich als Untersuchungsgegenstand weniger die Hydatina als die grossen Asplanchnen eignen, weil bei diesen die Sonderung in Dotter und Keimstock schon äusserlich sehr deutlich zu Tage tritt.

Um zu erfahren, ob Wintereier und männliche und weibliche Sommereier von ein und demselben Tiere gelegt werden können, oder ob jedes Weibchen nur eine Eisorte hervorbringt, wie es nach dem Verhalten derjenigen Rotatorien, welche ihre Eier am Panzer angeklebt herumtragen, sehr wahrscheinlich ist, habe ich eine grosse Anzahl von Weibchen in feuchten Kammern isoliert gehalten, sie mit Euglenen gefüttert und die abgelegten Eier bis zum Auskriechen der Jungen gewissenhaft controlliert. Um weiter zu entscheiden, welchen Einfluss eine Begattung auf die Art der Eier ausübt, wurden einige Weibchen einmal oder wiederholt so lange mit Männchen zusammengelassen, bis der Akt der Copula oder das Sperma in der Leibeshöhle beobachtet worden war, und dieselben dann von den Männchen wieder getrennt. Die Resultate dieser Versuchsreihen lassen sich so zusammenfassen:

die weiblichen Hydatinen legen während ihres ganzen Lebens entweder nur Sommer-, oder nur Wintereier und im ersteren Falle entweder nur solche dünnschaligen Eier, aus denen sich ausschliesslich Männchen entwickeln, oder solche, aus denen ausschliesslich Weibchen kriechen. Tiere mit weiblicher Sommertracht übertreffen solche mit männlicher an Zahl ausserordentlich, und dem entspechend sind die Männchen ungleich viel seltener als die Weibchen. Die eben ausgekrochenen weiblichen Tiere legen am ersten Tage noch kein Ei ab, sondern thun dies erst am zweiten, wenn sie durch reichliche Nahrungsaufnahme fast ihre definitive Grösse erreicht haben. Bringt man Weibchen, welche schon einige Eier von irgend einer der 3 Sorten produciert haben, mit Männchen zusammen, sodass sie ein oder auch mehrere Male begattet werden, so ruft dies nie eine Änderung in der Art der nach der Conception abgelegten Eier hervor. Es ist hierbei natürlich zunächst gleichgültig, ob man annimmt, dass jeder Begattung auch eine Befruchtung folgt, letztere aber auf die Art der Eier keinen Einfluss ausübt oder ob man, wie sich nach den obigen Erörterungen als richtiger ergiebt, die Unabhängigkeit der verschiedenen Eier von der Begattung auf die Wirkungslosigkeit der Spermatozoen zurückführt. Diejenigen Versuchstiere, welche begattet wurden, ehe sie überhaupt ein Ei abgelegt hatten, lieferten nur weibliche Sommereier. Wie diejenigen Hydatinen, welche Männchen- oder Wintereier producieren, sich verhalten, wenn sie vor der ersten Eiablage begattet werden, habe ich leider nicht ermitteln können. Dieselben sind im Verhältnis zu den gewöhnlichen Weibchen so selten und unterscheiden sich äusserlich in gar nichts von denselben, dass man nur durch einen besonders glücklichen Zufall in ihren Besitz gelangen kann. Doch ist es kaum zweifelhaft, dass auch in diesen Fällen die Begattung auf die Art der Eier keinen Einfluss ausübt. Es ergiebt sich aus dem Mitgeteilten, dass die Cohn'sche Hypothese, der zu Folge die Wintereier das Product einer Begattung sein sollen, nicht richtig ist; auch diese entstehen parthenogenetisch, wie Versuchstiere, die überhaupt nie mit Männchen zusammengekommen waren, gezeigt haben. Einen Unterschied in den Keimstöcken, je nach den Eiern, welche daraus hervorgehen, habe ich bis jetzt noch nicht auffinden können, doch verdient dieser Punkt eine erneute Untersuchung. Die Zahl der weiblichen Sommereier, welche eine Hydatina während ihres Lebens zu legen vermag, ist annähernd 50, die der männlichen Sommereier ebenso hoch, dagegen werden die

Wintereier bei weitem nicht so schnell hintereinander gelegt und erreichen eine viel geringere Zahl (c. 15). In Betreff der letzteren habe ich eine Beobachtung gemacht, welche zeigt, dass eine längere Ruheperiode für dieselben nicht unbedingt notwendig ist. Aus 2 Wintereiern schlüpften nach 21 resp. 18tägigem Aufenthalt in der feuchten Kammer weibliche Tiere aus. — Die Lebensdauer der Weibchen bei guter Ernährung schätze ich, nach Beobachtung der von mir isoliert gehaltenen Versuchstiere, auf 2—3 Wochen. Männchen fristeten ihr Leben in den feuchten Zellen nie länger als 3 Tage; sie starben häufig schon am zweiten. Der normale Tod der Weibchen wird eingeleitet durch eine fettige Degeneration, die im Dotterstock zuerst auftritt, denselben dabei ausserordentlich aufbläht, allmählich aber auf alle übrigen Organe übergeht.

Zum Schluss lasse ich eine Tabelle folgen, aus der das Verhalten der wichtigsten Versuchstiere ersichtlich ist:

I. Tiere, die nur männliche Eier producierten.

Nr. der ♀	Anzahl der vor der 1. Begattung gelegten Eier.	Zahl der nach der 1. Begattung gelegten Eier.	Gesammtzahl der hintereinander gelegten männl. Eier.	Zahl der Beobachtungstage.	Bemerkungen.
I	17	13	30	10	Vor jenen 30 Eiern legte das Tier noch 14 andere, von denen 7 hintereinander ♂ lieferten; die übrigen 7 wurden nicht controlliert.
II	?	45	45	10	
III			20	8	Wurde absichtlich nicht immer von allen ♂ getrennt und ist wiederholt von diesen begattet worden.
IV			32	6	
V			40	9	Wurde öfters begattet. Als es 2 Tage lang mit 7 ♂ zusammengehalten war, war die Leibeshöhle buchstäblich vollgepfropft mit Sperma, so dass es bald darauf starb.
VI			39	7	
VII			19	5	
VIII			11	5	Mehrere Male begattet, aber schlecht genährt.

II. Tiere, die nur weibliche Sommereier gelegt haben.

Nr.	Zahl der vor der Begattung geleg-ten Eier.	Zahl der nach der ersten Begattung gelegten Eier.	Zahl der nach der zweiten Begattung gelegten Eier.	Gesamtzahl der hintereinander ge-legten Eier.	Zahl der Beobachtungstage.	Bemerkungen.
1	?	7	10, nach der dritten 30.	47	11	
2, 3	0	3	eine grössere Anzahl	?	8	Wurden stets zusammengehalten und mehrfach begattet.
4	5	eine grössere Zahl		?	6	
5		13		13	5	
6		8		8	5	

III. Tiere, die nur Wintereier erzeugt haben.

Nr.	Zahl der vor der Begattung geleg-ten Eier.	Zahl der nach der ersten Begattung gelegten Eier.	Zahl der nach der zweiten Begattung gelegten Eier.	Gesamtzahl der hintereinander ge-legten Eier.	Zahl der Beobachtungstage.
A	5	5	2	12	7
B	6			6	7
C	3	2		5	5
D	?	6	3	9	10

17. Synchaeta pectinata Ehr.

Leydig bemerkt von dieser Species, dass die Leibesflüssigkeit hellgelb gefärbt sei. Ich habe auch zuweilen, wenn auch selten, Exemplare gefunden, bei denen dies der Fall war. Bei der überwiegenden Mehrzahl zeigte dieselbe jedoch eine wasserklare Beschaffenheit, und bleibt noch festzustellen, wodurch diese Färbung des Blutes hervorgerufen wird. — Der locomotorische Cilienapparat des Kopfes besteht aus einem dorsalen und einem ventralen Saume feiner, langer Wimpern, welche seitlich nicht continuierlich in einander übergehen. Neben den Seitenrändern der Mundöffnung findet sich noch ein zweiter Halbkreis feiner Cilien und ein halbkugeliges Polster, auf dem ungefähr fünf grosse Borsten sitzen.

Der dorsale Rand der Mundöffnung, gleichsam die Oberlippe, weist einen eigentümlichen Sinnesapparat auf, den man nach Lage und Beschaffenheit für homolog mit dem bei Polyarthra vorhandenen Büschel stecknadelähnlicher starrer Stiftchen halten muss. Sie lassen sich hier, weil sie grösser sind, leichter beobachten als bei der eben genannten Species. Jedes Stäbchen hat eine schmal-cylindrische Form, ist aber an seiner Spitze nicht verdickt, sondern weist hier einen tiefschwarzen (Pigment?) Fleck auf. Sie erinnern dadurch an die zarten Borsten, welche auf den kleinen Antennen der Daphniden sitzen und als Geruchswerkzeuge gedeutet werden. Ob im Innern dieser unbeweglichen Stifte auch ein Nervenfaden sich befindet, konnte ich mit den mir zur Verfügung stehenden Objectiven nicht unterscheiden. — Innerhalb des dorsalen Cilienkranzes stehen, durch einen kleinen Zwischenraum von einander getrennt, 2 kurze, überall gleich breite, cylindrische Hautausstülpungen, die an ihrer Spitze eine grosse Zahl langer, feiner und starrer Wimpern tragen; dieselben bilden mit jenen Ausstülpungen einen der Bauchseite zugekehrten rechten Winkel und unterscheiden sich dadurch von ähnlichen bei Rotatorien vorkommenden Sinnesorganen. Über die Function dieser schon Ehrenberg bekannten „Kämme“ lässt sich schwer etwas Sicheres angeben. Da die Wimpern so die Mundöffnung überragen, dass die herbeigestrudelte Nahrung leicht mit ihnen in Berührung kommt, dienen sie wohl dazu, das Tier auf dieselbe aufmerksam zu machen oder von ihrer Beschaffenheit in Kenntnis zu setzen. Jeder Kamm steht mit einem Nerv in Verbindung, welcher unterhalb der Wimpern ganglienartig anschwillt und dann als dünner Faden zum Gehirn läuft. — Zum Räderapparat gehören noch die Wimperohren, breitlappige, mit langen Cilien besetzte Ausstülpungen der seitlichen Kopfregion, die durch 2 besondere Muskeln eingezogen werden können. Sie sind vom eigentlichen Räderorgan jederseits durch einen breiten Zwischenraum getrennt, der zwar keine Wimpern, wohl aber Tastapparate trägt, die offenbar aus locomotorischen Cilien hervorgegangen sind. Dieselben bilden 2 Paar Griffel, von denen der innere mehr der Rückenseite, der äussere, etwas kleinere, der Bauchseite genähert ist. Jeder dieser Griffel ist aus der Verwachsung mehrerer Cilien entstanden, wie das feinzerschlitzte freie Ende beweist. Man trifft auch manchmal Exemplare, bei denen jeder Taster, vornehmlich die äusseren, aus 2 oder mehr völlig getrennten Wimpern besteht; für gewöhnlich erscheinen sie starr und unbeweglich, wird das Tier jedoch stark beunruhigt, so

schlagen sie für kurze Zeit wie locomotorische Cilien kräftig hin und her. Dass sie Tastapparate sind, ergiebt sich aus ihrem Zusammenhange mit Nervenfäden, die an der Basis derselben ganglienartig anschwellen. Die Nerven des äusseren Paares stehen mit dem Gehirn in Verbindung, die des inneren konnte ich nicht genügend verfolgen, um über ihre Endigungen sichere Mitteilung zu machen. Nicht zu verwechseln mit diesen Sinnesorganen sind ein dorsaler und 2 laterale Tastbüschel, die bis jetzt übersehen worden sind, und auf deren weite Verbreitung unter den Rädertieren schon verschiedentlich aufmerksam gemacht wurde. Der Nackentaster verhält sich wie bei Hydatina und verdient nur deshalb Erwähnung, weil jeder der 2 Nerven, die vom Gehirn an ihn herantreten, wieder eine Zusammensetzung aus zwei dicht neben einander liegenden und unter der Austrittsöffnung ganglienartig angeschwollenen Nervenfäden erkennen lässt. Von ihrer Vereinigungstelle laufen, ähnlich wie bei Hydatina, einige zarte Muskeln nach vorn zu den Matrixverdickungen des Räderapparates. Die lateralen Tastbüschel sind sehr schwer und nur bei speciell darauf gerichteter Aufmerksamkeit zu sehen. Sie liegen ziemlich weit nach hinten, am Anfange des hinteren Körperdrittels. Dem Gehirne sitzt ein Augenfleck auf, der einen bemerkenswerten Farbenwechsel durchmacht. In der Jugend ist er schön rot, nimmt aber mit zunehmendem Alter eine blaue Färbung an, die zunächst in der Peripherie auftritt und sich dann allmählich nach innen ausbreitet. Er kann zuweilen tief dunkelblau, fast schwärzlich werden. — Diejenigen Muskeln, welche dem Kauapparat direct anliegen, sind sehr zart quergestreift. Dasselbe gilt von den grossen Muskeln, welche den Körper der Länge nach durchziehen. — Die Zellen der Bindegewebsfäden zwischen den einzelnen Organen lassen bei genauer Beobachtung amöboide Bewegung erkennen. — Der lange Oesophagus flimmert nicht im Innern, sondern schiebt die Nahrung in eigentümlichen, peristaltischen Bewegungen, die, soviel ich weiss, nur bei diesem Genus vorkommen, nach hinten. — Die Excretionskanäle zeigen bei verschiedenen Tieren eine verschiedene Länge. Bei manchen finde ich sie so klein, dass sie sich nur durch das hintere Körperdrittel erstrecken; bei andern reichen sie weit nach vorn in den Kopf herein. Auch Ehrenberg hat diesen Unterschied in der Länge der „männlichen Sexualdrüse" bemerkt, aber auf einen Irrtum seinerseits zurückgeführt. Dass die Wassergefässe mit zunehmendem Alter grösser werden, glaube ich deshalb nicht, weil mir nie Übergangsformen zwischen den beiden

Extremen zu Gesicht gekommen sind; wahrscheinlich liegen hier Varietäten vor. — Da die beiden Zehen sehr kurz sind, so sind die an der Spitze derselben ausmündenden Klebdrüsen vorne zu einem unpaaren Organ verschmolzen. — Die Zusammensetzung der weiblichen Geschlechtsorgane aus Dotterstock und Keimstock ist nicht immer leicht zu sehen. Doch kann man sich mit Sicherheit an Tinctionspräparaten überzeugen, dass der keimbereitende Abschnitt, von unten gesehen, der vorderen Hälfte des linken Dotterstockrandes anliegt. Die grossen Dotterkerne haben manchmal etwas eckige Umrisse. Wenn die kugelrunden Sommereier abgelegt werden, findet man eine fettartige glänzende Masse ihnen in Gestalt eines Tröpfchens oder kleinen Fadens ankleben. Dieselbe dient zur Befestigung der Eier. Auf die grossen goldgelben Fetttropfen im Innern der letzteren hat schon Leydig aufmerksam gemacht. Solche finden sich auch in den kugelrunden Wintereiern, die eine Grösse von 0,104 und viel Ähnlichkeit mit denen von Polyarthra zeigen. Wie diese besitzen sie zwischen der äussersten und zweiten Schale eine grosse Zahl von kleinen, an beiden Enden etwas angeschwollenen Stäbchen, die ein lufthaltiges Maschenwerk erzeugen, Die Stäbchen stehen jedoch bei Synchaeta viel dichter bei einander als bei Polyarthra und erscheinen, von der Fläche gesehen, als zahlreiche helle Punkte. Wie bei allen Wintereiern besitzt der Dotter, ausser diesen zwei Schalen, noch eine sehr zarte, ihn direct umhüllende Haut.

18. Synchaeta tremula Ehr.

entbehrt der Kämme, ist kleiner (0,324) als S. pectinata, in allen übrigen Punkten aber gleich organisiert. Die Leibesflüssigkeit zeigt ziemlich häufig einen gelblichen Schimmer. Die Trennung in Ei und Dotterstock ist öfters schon ohne Anwendung von Reagentien sichtbar. Nach ihrer Einmündung in die contractile Blase setzen sich die Contouren der Wassergefässe noch eine Strecke weit in der Wandung fort. Ich fand jene Kanäle bis weit nach vorn reichend. Dorsaler und laterale Taster.

19. Rhinops vitrea Hudson.

Diese schöne und grosse Species scheint noch nicht wieder gesehen und untersucht worden zu sein, seitdem ihr Entdecker uns 1869 (85) mit derselben bekannt gemacht hat. Ich habe einige wenige (4) Exemplare in Tümpeln bei Lengsdorf in der Nähe von Bonn Ende März gefangen. Hudson giebt an, dass

das Tier hinten in zwei Zehen ausläuft. Die von mir untersuchten Individuen gingen sämtlich in eine unpaare Spitze aus, und nur ein noch im Uterus seiner Mutter befindliches Tier, welches schon fertig ausgebildet war, zeigte 2 kleine, aber deutlich von einander getrennte Zehen. Es scheint demnach diese Species die Tendenz zu haben, das ursprünglich paarige Organ in ein unpaares zu verwandeln. Hierauf deutet auch die nur schwach entwickelte Klebdrüse, welche ebenfalls unpaar ist und an der äussersten Spitze durch eine kleine Öffnung ausmündet. Der lange Schlund flimmert, ebenso Magen, Enddarm und — was besondere Beachtung verdient, da es bei keinem andern Rotator wiederkehrt — auch die Kloake, wie schon Hudson richtig erkannt hat. Nur bei einem Tier konnte ich die Excretionsgefässe deutlich verfolgen. Sie verknäueln sich neben dem Kauer, der 6—7 quere Zahnleisten besitzt, und ihre Wandung zeigt die gewöhnliche auf eine secretorische Thätigkeit hinweisende körnige Structur. Etwas weiter nach hinten hört diese jedoch auf; der Kanal wird zu einem so engen und glattwandigen Strange, dass man sein Lumen nur bei starker Vergrösserung wahrnimmt, um dann kurz vor seinem Eintritt in die Basis der contractilen Blase sich zu erweitern. Da Hudson, dem eine grosse Anzahl Tiere zur Verfügung stand, nichts von jenem abweichenden Verhalten der Wassergefässe erwähnt, könnte dasselbe eventuell nicht normal sein. Die grossen Augen tragen deutlich lichtbrechende Körper; doch kann ich der Vermutung Hudsons, dass die Tiere ihre Beute mit denselben erkennen und auf sie zustürzen sollen, nicht beipflichten. Ich that ein Exemplar in einen Tropfen, der viele Infusorien enthielt, konnte aber nie bemerken, dass die zuweilen ruckweisen Bewegungen desselben durch das Bestreben, jene zu erhaschen, veranlasst worden wäre. Ein dorsaler, 2 laterale Taster etwas vor der contractilen Blase.

V. Familie: Macrodactylea.

20. Scaridium longicaudatum Ehr.

Auch diese durch die eigentümliche Gliederung des Körpers ausgezeichnete Form besitzt die für die Rädertiere characteristischen Sinnesbüschel; einen dorsalen von der gewöhnlichen Gestalt, der im Nacken ungefähr in Augenhöhe sitzt und mit 2 Nervenfäden in Verbindung steht, die von der Vorderhälfte des

Gehirns abgehen, und 2 laterale, die ungefähr in der Mitte des Rumpfes über die Cuticula hervorragen. EHRENBERG giebt an, dass das Gehirn ein Nackenauge trage, und wirft man nur einen flüchtigen Blick auf das Tier, so scheint ein roter Pigmentfleck in der Höhe des hinteren Gehirnrandes in der That eine solche Bezeichnung zu verdienen. Bei genauerer Untersuchung finde ich jedoch bei allen mir zur Verfügung stehenden Exemplaren (circa 15—20), dass ein eigentlicher Augenfleck nicht vorhanden ist, sondern dass nur die rotbraune Färbung, welche einem Teile des chitinösen Kaugerüstes anhaftet, den Eindruck eines solchen macht. Bei der Seitenlage des Tieres kann man sich hiervon auf das bestimmteste überzeugen. Der Pseudoaugenfleck wird mit dem Gebiss hin und her geschoben und steht mit dem Gehirn in gar keinem Zusammenhang. — In dem langen, gebogenen Schlunde finde ich keine Flimmerung, wohl aber eine durch die ganze Länge desselben ziehende Linie, an der man eine wellenförmige Bewegung bemerkt. Sie scheint mir von einer Längsleiste der Schlundwandung herzurühren, durch deren Schlängelung die Nahrung weiter befördert wird. Der Kauapparat reicht weit nach vorn, bis unmittelbar unter die Mundöffnung, deren dorsaler Rand mit einem Büschel kleiner starrer Borsten besetzt ist. EHRENBERG zeichnet einen eigentümlichen Stirnfortsatz, den ich nicht habe wiederfinden können. Wahrscheinlich hat er einige besonders lange Cilien des Räderapparates fälschlich so dargestellt. ECKSTEIN spricht von wenig entwickelten Klebdrüsen, die bei den von mir untersuchten Tieren überhaupt nicht vorhanden waren. Stellen sie vielleicht ein in Rückbildung begriffenes Organ vor, das nur noch individuell auftritt? Die quergestreiften Muskeln treten bis in die langen, spitz zulaufenden Zehen, ein Verhalten, das sonst nicht bei Rädertieren beobachtet wird. Die Lage des Eierstockes bleibt noch zu ermitteln.

21. Monocerca rattus Ehr.

Diese überall ziemlich häufige Species, die namentlich unter Lemna fast immer, wenn auch nie in sehr vielen Exemplaren zu finden ist, bietet einige beachtenswerte Verhältnisse dar. Innerhalb des Räderapparates erhebt sich dorsalwärts von der Stirn ein schlanker, keulenförmiger Fortsatz, den schon EHRENBERG und andere Forscher gesehen, aber fälschlich als „Respirationsröhre" resp. Taster gedeutet haben. Derselbe wird von einer Ausstülpung der Körperwand gebildet und ist offenbar homolog dem Stirnfort-

satz, welchen wir schon bei dem Weibchen der Hertwigia volvocicola kennen lernten. Welchem Zwecke dieser Zapfen eigentlich dient, ist mir unklar geblieben. Er ist auf seiner Oberfläche völlig nackt und zeigt auch im Innern nichts, das eine nervöse Natur vermuten liesse. Dasselbe Organ findet sich auch bei der gleich zu beschreibenden Diurella tigris und, nach der Abbildung zu schliessen, welche Bartsch Samu von seiner Ascomorpha saltans giebt, auch bei dieser Species. Das Vorkommen des fraglichen Gebildes bei so verschiedenen Arten erlaubt einen Rückschluss auf eine ursprünglich weitere Verbreitung, und glaube ich daher, dass der in der Abteilung der Philodinäen so mächtig entwickelte Rückenfortsatz, welcher bei Entfaltung des Räderorgans eingezogen wird und nur bei der kriechenden Fortbewegungsweise dieser Tiere zur Anwendung kommt, ein homologes Organ ist. Die Stellung, welche dieser Rüssel zum Körper im allgemeinen und zum Gehirn und zu den dorsalen Tastern im besonderen einnimmt, ist dieselbe, wie die jener kleineren Stirnausstülpung bei Monocerca, und nur darin findet sich ein Unterschied, dass derselbe ausserhalb des Räderapparates steht; doch erklärt sich diese Verschiebung leicht aus der mächtigen Differenzierung, die das Organ bei den Philodinäen erfahren hat, zumal wenn man berücksichtigt, dass der Räderapparat unter allen Teilen des Rotatorienkörpers der variabelste ist.

Ein dorsaler Taster, der mit dem Gehirn in Verbindung steht, sowie 2 laterale am Anfang des hinteren Körperdrittels sind vorhanden; letztere stehen der Rückenseite etwas genähert. — Der Kauapparat zeigt eine schön augebildete Ringmuskulatur. Der lange Schlund, Magen, Enddarm, contractile Blase mit Wassergefässen und Zitterorganen bieten nichts Auffallendes, wohl aber sind die Klebdrüsen in eigentümlicher Weise modificiert. Sie bilden nämlich eine unpaare Blase mit contractiler Wandung, die an der Wurzel des langen Endstachels ausmündet. Diese „Klebblase“ ist mit einer wasserhellen Flüssigkeit erfüllt, die nach ihrem Austritt und in Berührung mit dem umgebenden Wasser momentan zu einer klebrigen Masse erhärtet. Ist die Klebblase prall gefüllt, so kann sie eine ziemliche Grösse erreichen und fast bis zur Mitte des Rumpfes nach vorn sich ausdehnen. Als eine Anpassung an diese Differenzierung der Klebdrüsen wird auch die Function der 4 kleinen gebogenen Stacheln verständlich, welche der Wurzel des langen Endstachels ansitzen und von denen zwei etwas grösser als die beiden andern sind. Sie dienen dazu, um

den austretenden Secrettropfen zwischen sich zu fassen und denselben auf diese Weise zu zwingen, an dem grossen Mittelstachel herabzulaufen. Der letztere wird dadurch an ihn umgebende vegetabilische Teilchen, Detritus und dergleichen angeklebt, und das Tierchen so sicher vor Anker gelegt. Die Contractionen der Klebblase erfolgen nicht rasch hinter einander, und man muss oft lange warten, ehe man dieselben und den gleichzeitigen Austritt der Secretmasse zu sehen bekommt. Beunruhigt man ein Tierchen, so kann man sich noch am leichtesten davon überzeugen. — Leydig sah ein Individuum, das 2 Eier seinem Körper angeklebt hatte; doch tragen die Tiere für gewöhnlich dieselben nicht mit herum, und nur durch das Secret der Klebblase werden zuweilen Eier dem Muttertiere angeheftet, um bald hernach wieder abzufallen. Körperlänge 0,14. Endstachel 0,14—0,16. Grösster Querdurchmesser 0,06—0,068.

22. Diurella tigris. Bory de St. V. (Fig. 13, 14).

Diese Species ist mit der vorhergehenden nahe verwandt, wie sich aus dem Vorhandensein eines Stirnzapfens (Fig. 13 *x*), der Beschaffenheit des Kauapparates und der Klebblase ergiebt. Doch besitzt das Tier im Gegensatze zu Monocerca rattus einen Panzer im Sinne Ehrenbergs, d. h. die Cuticula verdickt sich ringförmig hinter dem Räderapparat unter Bildung zweier dorsaler und zweier kleineren, ventralen Zähne (*y. z.*). Die zehenartigen Fortsätze am hinteren Körperende sehe ich etwas anders, als Eckstein und habe deshalb eine besondere Zeichnung derselben entworfen (Fig. 14). Sie stehen sämtlich in einer Reihe neben einander, sind aber von verschiedener Länge. Den dorsalen Taster hat Eckstein richtig erkannt; jedoch finden sich ausser diesem noch zwei laterale, welche sehr weit nach hinten, am Anfang des hinteren Körperviertels, der Rückenseite genähert liegen (*l. t.*). Die gangliöse Anschwellung des lateralen Nerven ist auffallend weit nach vorn verschoben (*l. n.*). Eckstein erwähnt einen lichtbrechenden Körper im Augenpigment, den ich nie habe finden können. Wohl aber zeigt der hintere Teil des Gehirns (*g'*), dem der Augenfleck ansitzt, eine etwas hellere und nicht so körnige Beschaffenheit, wie der vor ihm liegende (*g*), von dem er auch durch eine seichte Furche abgesetzt sein kann. — Der lange, gebogene Schlund flimmert. — Die zwei Klebdrüsen (*k*) mit feinkörnigem Protoplasma und Kernen gehen in eine unpaare contractile Blase (*k'*) über, welche an der Basis der Endstachel ausmündet.

Wenn dieselbe sich zusammenzieht, — was freilich nicht häufig geschieht, wenigstens unter dem Deckglase, — so tritt, wie bei Monocerca, ein rasch erhärtendes klebriges Secret heraus. Bei der eben genannten Art habe ich nur eine Klebblase, nicht, wie bei diesem Tiere, die Reste der ursprünglichen Klebdrüsen gefunden, die vielleicht auch vorhanden sein werden. ECKSTEIN hat die Klebblase für das contractile Reservoir der Excretionsgefässe gehalten. Dies (*c. b.*) ist bei den meisten Tieren weit kleiner und zieht sich viel rascher zusammen. Die Lage des Eierstockes bleibt bei dieser, wie bei den meisten kleineren Specien, noch zu ermitteln.

VI. Familie: Loricata.

23. Dinocharis Pocillum Ehr. (Fig. 15).

Diese Art ist deshalb bemerkenswert, weil ein besonderer Halsteil (*a*) des Panzers sich scharf von dem Rumpfpanzer (*b*) absetzt. Der letztere ist kastenförmig gebaut und besitzt eine schmale Rücken-, eine breite Bauch- und zwei nach aussen gewölbte Seitenflächen, welche mit dem Rücken in zwei zickzackförmig gebrochenen Leisten zusammenstossen. Diese Kanten bilden ein Dreieck, dessen Spitze nach hinten gerichtet ist. Der Panzer ist überall dicht mit kleinen Grübchen versehen, die ihm ein punktiertes Aussehen geben. Solche finden sich auch an den zwei Schwanzgliedern, von denen der vordere zwei rückenständige, säbelförmige Fortsätze, der hintere 2 lange Zehen und einen unpaaren Mittelstachel trägt. Der Halsteil des Panzers ist durch eine weiche Membran mit dem eigentlichen Panzer verbunden und kann in letzteren zurückgezogen werden. Derselbe ist ebenfalls kastenförmig gebaut; aber nur die Seitenflächen sind starr und mit Grübchen versehen, während die Rücken- und Bauchfläche dünnhäutig geblieben sind. Wird nun der Kopf mit den locomotorischen Cilien in den Halsteil zurückgezogen, so schlagen sich auch die dorsale und ventrale Membran desselben nach innen, die beiden gepanzerten Seiten legen sich aneinander und bilden so ein schützendes Dach über dem Räderapparate. — Dieser besteht im wesentlichen aus einem Cilienkranze, dessen Wimpern in der Mitte des Rückens eine nackte Stelle frei lassen. Die Lage des dorsalen und der lateralen Taster ergiebt sich aus der Zeich-

nung. Die Afteröffnung scheint mir auf die Ventralseite verlagert zu sein.

24. Salpina.

Dieses Genus stand mir in mehreren Arten zur Verfügung, welche alle ausser dem breit-kegelförmigen, schon EHRENBERG bekannten dorsalen Taster in der Nähe des hinteren Panzerendes 2 laterale Tastbüschel aufwiesen. Bei Sal. ventralis durchbrechen letztere halbmondförmig gebogene kurze Leisten der Cuticula, deren concave Seite nach innen und vorn gerichtet ist.

25. Euchlanis dilatata Ehr. (Fig. 16—20).

Euchlanis dilatata und triquetra werden jedem, der die Tümpel, Gräben und Teiche einer Gegend durchmustert, öfters und meist sogar häufig unter die Augen kommen und sind deshalb schon vielfach Gegenstand der Untersuchung gewesen, ohne dass dadurch die Zahl der strittigen Punkte vermindert worden wäre. LEYDIG hat zuerst die Angabe EHRENBERGS, dass der Panzer nur aus einem Rückenschilde bestehe und auf der Unterseite in ganzer Länge klaffe, energisch angegriffen. Er sagt (pag. 57): „der äusserst durchsichtige Panzer“ (von Euchlanis triquetra, der im wesentlichen mit dem von E. dilatata übereinstimmt) „verhält sich vielmehr ungefähr wie die Schale einer Schildkröte, er besteht aus einer Rücken- und Bauchplatte, die am Seitenrande zusammentreten, nach hinten aber von einander klaffen, um den Fuss durchtreten zu lassen.“ Diese Beschreibung ist im wesentlichen richtig und auch von späteren Beobachtern (COHN, ECKSTEIN) ebenso gegeben worden. Sie bedarf jedoch einer Erweiterung: Rücken- und Bauchschild haben die gleiche Form, nur dass das erstere breiter und gewölbter ist, als das letztere. Beide biegen sich am Seitenrande nach innen um, das Rückenschild nach unten, das Bauchschild nach oben, und stossen in einer Linie zusammen, die mit den umgeschlagenen Teilen jener Schilder einen nach innen keilförmig vorspringenden Raum begrenzt. Ein Querschnitt durch das Tier würde demnach so aussehen, wie Figur 16 es zeigt. Wenn das Tier nicht gedrückt wird, erkennt man mit wechselnder Focuseinstellung 3 Längslinien, die den Punkten *a, b, c* entsprechen. Die Linien *b* fallen bei Betrachtung der Bauchfläche vornehmlich in die Augen als 2 an der vorderen Panzeröffnung beginnende und bei der hinteren bogenförmig in einander übergehende Längsstreifen. Wird das

Tier unter dem Deckglas stark gepresst, so ist von dem keilförmigen Spalt zwischen Rücken und Bauch nichts zu sehen. Von seiner Anwesenheit kann man sich jedoch sowohl bei der Seitenansicht, als auch dann leicht überzeugen, wenn zahlreiche Bacterien das Wasser erfüllen und sich in jenem ab und zu umhertummeln. Nach Abschluss meiner Arbeit ist mir ein Aufsatz Hudsons (83) zu Gesichte gekommen, welcher eine ganz ähnliche Schilderung von dem Bau des Panzers entwirft. Nur darin stimme ich nicht mit ihm überein, dass die Ventralseite des Panzers in der Mitte buckelartig ausgestülpt sein soll. Sie erscheint mir flach gebogen.

In systematischer Hinsicht wird die vorliegende Species von den Autoren nicht weit genug gefasst. Nach Leydig und Cohn soll der Augenfleck ohne Linse sein und die Basis der Zehen keine Borsten tragen. Eine von ersterem als unisetata bezeichnete, in der Grösse mit dilatata übereinstimmende Form besitzt dagegen eine Linse im Augenpigment und eine Borste. Eckstein zeichnet an seiner dilatata eine Linse und zwei Borsten. Nach Untersuchung einer beträchtlichen Anzahl von Tieren, die in Grösse und Organisation einander gleich waren, schwankt die Zahl und Stärke der Fussborsten bei den verschiedenen, mit einander zusammenlebenden Individuen ausserordentlich, so dass man hiernach wohl Varietäten, aber nicht verschiedene Specien unterscheiden kann. Manchmal finden sich 3 Borsten in kleinen Grübchen dem Rücken desjenigen Schwanzsegmentes eingelenkt, welches die Zehen trägt, und können dieselben so dick sein, dass sie schon mit mässiger Vergrösserung (Zeiss, *D*) sofort in die Augen fallen, während sie bei andern Exemplaren mit Objectiv *F* gesucht sein wollen. Manche Tiere zeigen nur 2, indem die mittlere Borste ausgefallen ist. Individuen, welche nur eine besitzen, haben die andere wahrscheinlich erst während ihres Lebens verloren, wie man aus der unsymmetrischen Stellung derselben und dem Vorhandensein eines zweiten kleinen Grübchens schliessen kann. Dass so etwas möglich ist, beweisen Borsten, die geknickt oder zur Hälfte abgebrochen sind. Endlich kommen auch Individuen vor, welche der Borsten völlig entbehren. Eine ähnliche Variabilität weist der Augenfleck hinsichtlich des Vorhandenseins oder Fehlens eines lichtbrechenden Körpers auf. Es ist dieser Punkt auch deshalb von Interesse, weil er darauf hinweist, wie man sich die Entstehung solcher Differenzierungen zu denken hat. Während manche Individuen nur einen einfachen Pigmentfleck haben,

der dem Gehirn auf der Unterseite ansitzt, lässt derselbe bei andern ausserdem eine helle, unregelmässig verteilte Masse erkennen. Auf der nächsten Stufe haben sich diese glänzenden, lichtbrechenden Teilchen zu einem rundlichen Körper vereinigt, der für gewöhnlich nur zur Hälfte aus dem Pigment herausragt, zuweilen aber auch völlig isoliert vor demselben liegt. Manchmal kann man die Art seiner Entstehung noch aus seiner Zusammensetzung aus mehreren Körperchen erschliessen. — Aus dem Gesagten geht hervor, dass nur die Species Euchlanis dilatata Ehr. aufrecht zu erhalten ist, dagegen die Namen Euchl. dilatata Leyd., Euchl. unisetata Leyd. zu streichen und nur als Varietäten zu betrachten sind. Jene Bezeichnung deshalb aufzugeben, weil die nach Ehrenberg klaffende Bauchseite „sehr wohl der schräg von oben gesehene Kiel (der Euchl. triquetra) sein" kann (Eyferth) und dafür den späteren Namen Euchl. hipposideros Gosse einzuführen, ist ebenfalls nicht zu billigen. Der berühmte Berliner Forscher hat an Hunderten von Stellen seines grundlegenden Werkes gezeigt, dass er Rücken- und Bauchseite eines Rotators wohl zu unterscheiden vermochte. Ein solcher Fehler wäre ihm sicherlich nicht an einem der gemeinsten Vertreter der ganzen Klasse vorgekommen.

Die zwei Nebenaugenflecke, die Eckstein am Kopf zeichnet, sowie eine gleiche Pigmentansammlung an der Basis der Zehen, habe ich nie finden können. Auch das Räderorgan sehe ich etwas anders. Der äussere Saum langer Wimpern zeigt in der Mitte des Rückens eine nackte Stelle und jederseits davon einige etwas längere Cilien (Fig. 17 *a*). Eben vor dieser dorsalen Wimperschnur sitzen auf 2 kleinen Kegeln eine Anzahl starrer Borsten (*b*) und mehr nach innen jene kurzen, breit-kegelförmigen, unbeweglichen Knöpfe (*c* Fig. 17 und Fig. 18), die Hudson zuerst gefunden hat. Sie sind an der Spitze etwas ausgehöhlt; der Rand dieser Vertiefung wird von 3 halbkugelig nach innen vorspringenden Polstern gebildet und fällt schräg nach hinten ab, wodurch das eine jener Polster mehr nach hinten zu liegen kommt, als die beiden anderen und leicht übersehen werden kann. Sieht man von unten in die Aushöhlung herein, so erscheinen sie wie in Fig. 18. Über die Function dieser Organe vermag ich nichts anzugeben. Die Membran, welche den Boden der Vertiefung auskleidet, muss sehr dünn sein, denn übt man einen etwas stärkeren Druck auf das Tier aus, so tritt hier zuerst die Leibesflüssigkeit in Blasen aus. Ich vermute daher, dass sie zur Respiration dienen,

da sie einmal durch das Räderorgan stets mit frischem Wasser versorgt werden, und dann die geringe Dicke der Cuticula den Gasaustausch besonders erleichtern muss. Die Angabe HUDSONS, dass dieselben durchbohrt sind und vorstreckbare Tastapparate umhüllen, halte ich nicht für richtig. Vor diesen eigentümlichen Gebilden, die unter allen anderen Rotatorien nichts Analoges haben, befindet sich eine Reihe starker Borsten. Seitlich und ventralwärts wird der Räderapparat von 3 Reihen Cilien gebildet — wie bei Hydatina —, die sich bis in den Mundtrichter fortsetzen und von aussen nach innen an Grösse abnehmen. — Die Magen- und Darmwand wird von grossen Zellen gebildet, deren Grenzen aber häufig nur schwer zu erkennen sind. Dass die Wandung des Tractus stellenweise aus mehreren Zellschichten besteht, wie ECKSTEIN angiebt, habe ich nie beobachten können. Sie weist, wie bei allen anderen Rotatorien, nur eine Zellschicht auf, die nur dadurch sich anszeichnet, dass die Membranen der Zellen hier weniger entwickelt sind, wie es sonst zu sein pflegt. — Das Nervensystem bietet nichts Bemerkenswertes. Eine kreisrunde Öffnung im Nacken dient zum Durchtritt der starren Haare des dorsalen Tasters. Die beiden lateralen liegen weit nach hinten, auf der Rückseite; die ganglióse Anschwellung der zugehörigen Nerven liegt eine kurze Strecke vor dem Haarbüschel.

Von dem Gehirn völlig getrennt — und daher auch nicht mit dem Kalkbeutel mancher Rädertiere oder gar mit dem Centrum des Nervensystems selbst (HUDSON, EYFERTH) zu identificieren —, ist ein eigentümliches, birnförmiges Organ (Fig. 17, *m*), welches über demselben liegt und von den zum dorsalen Taster laufenden Nerven umgriffen wird. Dasselbe mündet nicht, wie LEYDIG vermutet, an der Oberfläche des Körpers aus, sondern ist allseitig geschlossen und muss nach seiner Lage und seiner Anheftung als eine besonders mächtig entwickelte Matrixverdickung angesehen werden. Hierfür spricht auch die Anordnung und Gestalt der Kerne, welche sich nur in dem hintersten Abschnitt finden, woselbst das Protoplasma dichtkörnig und nicht vacuolisiert ist. Der weitaus grösste Teil der Blase wird dagegen von einer Unzahl kleiner Vacuolen, die sich polygonal gegen einander abgrenzen, dicht erfüllt. Manchmal nimmt auch in der Nähe des vorderen verschmälerten Endes das Protoplasma dieselbe Beschaffenheit an, wie am hinteren, einfach runden oder herzförmig ausgeschnittenen Rande. Die Querstrichelung der Wand, welche LEYDIG erwähnt, habe ich nicht finden können. Ob dies Organ

eine besondere Function besitzt und welche, vermag ich nicht anzugeben. Doch steht es nicht in Verbindung mit den oben beschriebenen Knöpfen (17, *c*), wie man nach der Lage vermuten könnte.

Das Excretionssystem zeichnet sich jederseits durch den Besitz von 4 besonders grossen Zitterorganen aus, die vornehmlich geeignet sind, den Beobachter über den Bau dieser eigenartigen, fast von jedem Forscher anders beschriebenen Gebilde zu unterrichten. Ich habe ihrer Untersuchung besondere Aufmerksamkeit gewidmet und kann leider die Angaben meiner Vorgänger in manchen Punkten nicht bestätigen. Die Zitterorgane werden von zwei flach nach aussen gebogenen Flächen begrenzt und lassen daher eine breite Flächenansicht (19 *a*) und eine schmale Kantenansicht (19 *b*) unterscheiden. Erstere hat die Gestalt eines nahezu gleichseitigen Dreiecks, dessen Basis durch das freie Ende und dessen Spitze durch den kurzen Kanal dargestellt wird, mit dem das ganze Gebilde in das Excretionsgefäss mündet. Gemäss dieser dreieckigen Gestalt wird man von zwei lateralen und einer Endkante der Flächenansicht reden können. Nur dort, wo das Zitterorgan in das Wassergefäss übergeht, findet sich eine Öffnung, überall sonst ist es geschlossen. Eckstein giebt an, dass sich unterhalb der Endkante noch eine zweite Öffnung befindet, „die bei kleineren Formen klein und rund, meistens aber gross und länglich-oval ist". Ich habe mich von dem Fehlen derselben auf das bestimmteste überzeugt, und so sehr auch die Ansichten, welche über die Function dieser Gebilde gang und gäbe sind, das Vorhandensein einer solchen Öffnung erwarten lassen, so existiert dieselbe in der That doch nicht. Der feine Querstrich, den Eckstein an seiner Fig. 6 in der Nähe des unteren Endes zeichnet, wird auch schwerlich jemandem die Richtigkeit seiner Angabe beweisen. Etwas unterhalb und parallel der Endkante läuft eine dicke schwarze Linie, die auf den ersten Blick in die Augen fällt. Sie wird von einer nach innen vorspringenden Leiste gebildet, welche der undulierenden Quaste als Ansatzpunkt dient, und über der die Seitenflächen deckelartig zusammenstossen. Jene Quaste, die also nicht im Centrum dieses Deckels angeheftet ist, hat die Gestalt einer dünnen, dreieckigen Membran und entspricht demnach in ihren Umrissen ganz dem Innenraum des Zitterorganes. Da sie naturgemäss senkrecht zur Flächenansicht wellenförmig hin und her pendelt, erhält der Beobachter bei der Kantenansicht ein Bild ähnlich einer züngelnden Flamme (19 *b*); bei der Flächenan-

sicht hingegen sieht er nur die Teile der undulierenden Membran, welche gerade in der Focaleinstellung sich befinden, und diese machen den Eindruck von 3 (oder auch zwei) parallel zur Ansatzleiste laufenden Querlinien (19 *a*). Letztere sind an demselben Zitterorgan nicht immer gleich deutlich zu erkennen; sie heben sich zuweilen am lebenden Tier nur so wenig ab, dass man sie leicht übersieht, während sie vielleicht eine ½ Stunde später scharf markiert hervortreten. Es erklärt sich dies daraus, dass die Membran nicht immer gleich stark schwingt. Da man beim toten Tiere die Quaste in der Flächenansicht nicht mehr beobachten kann, muss sie sehr dünn sein; von der Kante betrachtet, tritt dieselbe hingegen stets mit gleicher Deutlichkeit hervor.

Was das feinere histologische Verhalten anbetrifft, so bemerkt man bei der Flächenansicht eine Anzahl paralleler Längslinien, die nicht von der pendelnden Membran herrühren können, sondern der Wandung angehören müssen, da sie unabhängig von den Bewegungen der Zitterflamme sind und auch in einer anderen Ebene liegen. Sie setzen sich noch über die Innenleiste bis zur Endkante fort. Ich vermute, dass Moxon (118) und Möbius (117) diese Linien schon gesehen haben und deshalb irrtümlicher Weise von einer grossen Zahl beweglicher Cilien reden. Einen Kern habe ich in den Zitterorganen trotz vielen Suchens mit Sicherheit nicht finden können. Man bemerkt wohl oberhalb der Ansatzleiste ein rundes Körperchen, welches so gedeutet werden könnte. Da aber manchmal auch zwei derselben vorhanden sind oder sie gänzlich fehlen, ist es richtiger, dieselben einstweilen als Protoplasmakörperchen unbestimmter Natur anzusehen, zumal sie auch in den Seitenwänden auftreten können (19 *a*). Leichter dagegen sind die einzeln stehenden Kerne in den Wassergefässen zu erblicken. — Wo diese in die contractile Blase einmünden, findet sich eine scharf umschriebene kreisrunde Öffnung, über die sich die Gefässwandung noch eine Strecke weit verfolgen lässt, wie bei Hydatina. Bei manchen Tieren ist stellenweise die Körnelung in der Wand der Excretionskanäle geschwunden, und statt ihrer erblickt man dieselbe homogene, glänzende Masse, welche beim eben genannten Rotator schon erwähnt wurde (20, *n*).

Die Lage des Eierstockes entspricht ganz der von Hydatina senta, und demgemäss legen sich die Eier constant an dem (von der Bauchseite gesehen) linken Rande des Dotterstockes an (Fig. 20). Mit Leichtigkeit erkennt man, manchmal schon ohne Anwendung von Reagentien, die bläschenförmigen Kerne der Eikeime. Doch

hält es sehr schwer, zu entscheiden, ob dieselben in einer zusammenhängenden Protoplasmamasse liegen oder distincte Zellen darstellen. Ich glaube, dass das letztere der Fall ist, weil zuweilen zellenartige Umrisse zu erkennen waren, wenigstens in der linken Hälfte. Der Dotterstock enthält ungefähr ein Dutzend grosser Dotterkerne, deren ovale Nucleoli so gross sind, dass die Nuclei als helle homogene Höfe sie umgeben. Die Contouren beider gleichen einander nicht immer, sondern öfters ist die Kernmembran eckig und in Spitzen ausgezogen (20. *d. k.*). Die Nucleoli sind im lebenden Zustande meist homogen, seltener von schwammiger Structur oder mit dichten Körnern versehen. Einige Male fand ich Tiere, deren sämtliche Nucleoli einen verschieden geformten, scharf abgesetzten und am Rande liegenden Körper aufwiesen (20, *d. k.*), ein Verhalten, dass an die bei Hydatina vermutungsweise ausgesprochene Teilung der Dotterkerne erinnert. Nicht selten sind diejenigen Teile des Dotters, welche in der Nähe eines halbreifen Eies liegen, trüber und reicher an Fetttröpfchen, als die mehr rechts gelegenen, wodurch die Ansicht, dass die Eianlage ihr Deutoplasma durch Diffusion aus dem Dotterstock aufnimmt, eine weitere Stütze erhält. — Die quergestreiften Muskeln scheinen nicht alle auf derselben Höhe der Differenzierung zu stehen. Bei manchen Tieren liessen sich ausser den dunklen Haupt- auch die zarteren Krause'schen Nebenscheiben beobachten (Fig. 21), während bei andern alle doppelt brechenden Teilchen von gleicher Breite waren. — Die Matrix der Cuticula zeigt dort, wo Rücken- und Bauchschild sich nach innen umbiegen, häufig ein vacuolisiertes schaumiges Aussehen, wodurch der Rand derselben unregelmässig wellenförmig wird (20, *m*). — Dass unter den Rotatorien auch Missbildungen vorkommen, lehrt ein Tier, bei dem beide Zehen der Länge nach zu einem unpaaren Keil verschmolzen waren, der am Rücken 2 Borsten trug; an der Spitze mündete eine unpaare Klebdrüsse aus. — Zum Schlusse sei noch auf einen Entoparasiten hingewiesen, der in grossen Mengen sich im Magen, weniger im Enddarm fast aller Euchlaniden fand, die ich im Frühjahr 1884 in den Heisterbacher Teichen bei Bonn fing. Derselbe gehört zu den Flagellaten (20, *p.*), die bekanntlich den Rädertieren sonst eine willkommene Nahrung sind und durch die Einwirkung des Magensaftes rasch getötet werden. Eine Cuticula, die als Grund dieser besonderen Resistenzfähigkeit angesehen werden könnte, habe ich nicht bemerkt. Die Tierchen glichen in der äusseren Gestalt Euglenen, waren aber völlig farblos. An der

Basis der langen Geissel sassen 1 oder 2 bei gewisser Einstellung rötlich erscheinende Bläschen, die vielleicht Augenflecke waren. Manche Exemplare befanden sich in Teilung resp. Conjugation.

26. Euchlanis luna. Ehr.

Diese Art muss aus dem Genus Euchlanis entfernt werden, da sie im Bau des Panzers und in der übrigen Organisation wesentlich von den eigentlichen Euchlaniden abweicht. Der Panzer entspricht völlig der Beschreibung, welche Leydig vom Panzer der vorhergehenden Species giebt; er besteht aus einem flach gewölbten Rückenschild und einer Bauchplatte, die an den Seitenrändern fest mit einander zusammenhängen und nur vorn und hinten klaffen, unterscheidet sich demnach durch den Mangel eines keilförmig nach innen zwischen Rücken- und Bauchschild vorspringenden Raumes und durch das Fehlen jener grossen sackähnlichen Matrixverdickung des Räderapparates von allen echten Euchlanisspecien. Ehrenberg zeichnet die „Nägel" der Zehen besonders abgesetzt, was nicht der Fall ist; nur in Fig. X, 1 hat er sie richtig abgebildet. Die lateralen Taster liegen weit nach hinten, dem Seitenrande des Panzers genähert.

27. Metopidia Lepadella Ehr.

ist wie Stephanops durch eine dünne Membran ausgezeichnet, die dorsal die Wimpern des Räderapparates überragt und passend als Kopfschirm bezeichnet wird. Zwei kleinere Seitenlappen, die bei der Ansicht von oben oder unten wie gebogene Stäbchen erscheinen, gewähren denselben Schutz den seitlichen Cilien, wie jener Schirm den dorsalen. In dem langen Schlunde bemerkt man eine wellenförmige Bewegung von vorn nach hinten schreiten, die nicht durch Cilien, sondern durch 1 oder auch 2 in das Lumen desselben vorspringende Längsleisten hervorgebracht wird. An der Übergangsstelle von Schlund und Magen findet man 2 besonders lange Geisselhaare, vielleicht die Fortsetzung jener Falten. Der Enddarm weist eine Eigentümlichkeit auf. Nachdem er sich deutlich vom Magen abgesetzt hat, bildet er einen nach vorn gerichteten Blindsack, der neben dem Magen liegt. Bei der grossen Ähnlichkeit, welche die Organisation von Squamella bractea Ehr. mit unserer Art aufweist, glaube ich aus der Äusserung Ecksteins: „der Magen scheint aus zwei Teilen zu bestehen, wenigstens liegt die eingenommene Nahrung meist zu 2 ovalen Klumpen zusammengeballt in demselben" auf ein gleiches Verhalten bei dieser Species

schliessen zu dürfen. Ob sich die blindsackartige Austreibung bei allen Individuen, auch solchen, die lange gehungert haben, wird finden lassen, mag dahingestellt bleiben. An den Anfang des Magens setzen sich mit dünnen Stielen zwei Magendrüsen, die häufig im Innern Öltropfen führen. Auffallend ist es, dass fast bei allen Tieren vorn in der Magenwandung ein besonders grosser Öltropfen vorhanden ist, den Eckstein bei unserm Tier und bei Squamella bractea für ein eigenartiges, in seiner Function unklares Organ gehalten hat. Wenigstens scheint mir dies aus seinen Angaben: „es ist dies ein sofort in die Augen fallender, stark lichtbrechender Fleck, etwas vor und seitlich von dem Magen gelegen . . . . . . Bei den Contractionen und den Bewegungen des Darmes wird er hin und her bewegt“ sowie aus seiner Zeichnung hervorzugehen. Die Wassergefässe besitzen jederseits mehrere Zitterorgane, unter denen zwei, eins in Schlundkopfhöhe und eins in der Nähe der contractilen Blase sich durch besondere Länge auszeichnen. Obwohl ich die Squamella bractea nie gesehen habe, kann ich doch einen leisen Zweifel nicht unterdrücken, ob die von Eckstein beschriebenen zwei schmalen Körper, die am Hinterende eine flimmernde Stelle aufweisen und den Eindruck eines hin und her schwingenden schlanken Stabes machen, nicht doch nur Zitterorgane gewesen sind, obwohl sich der genannte Forscher ausdrücklich gegen eine solche Deutung verwahrt. Denn sieht man von der Grösse und Augenzahl ab, so stimmen jenes Tier und Metopidia lepadella völlig in der Organisation überein, und letzterem Rotator fehlen die fraglichen Gebilde. Der Eierstock sitzt am vorderen linken Ende des Genitalapparates, der ventral — wie auch sicherlich bei Squamella der Fall sein wird — vom Darm liegt. Das Nervensystem weist ausser dem dorsalen zwei laterale Taster auf, die sich auf der Rückenfläche, der dorsalen Medianlinie genähert, und in der Höhe des hinteren Panzerdrittels befinden. — Unter den untersuchten Tieren waren zwei, deren Blutflüssigkeit nicht wasserhell, sondern dicht mit sehr kleinen Körnchen erfüllt war. Da dieselbe keine Brown'sche Molecularbewegung zeigten, muss dass Blut geichzeitig dickflüssig gewesen sein. Auch unmittelbar neben den grossen hinteren Zitterorganen bewegten sich die Körnchen nicht, was doch sicherlich hätte der Fall sein müssen, wenn diese offen und dazu bestimmt gewesen wären, die perienterische Flüssigkeit in die Wassergefässe zu strudeln. — Das letzte der 4 Fussglieder, welches die Zehen trägt, besitzt auf der Rückenseite eine Vertiefung von viereckiger oder rundlicher Form. Von einem

roten Pigmentfleck, den Eckstein an diesem Gliede zeichnet, habe ich nichts bemerken können, und wird derselbe daher wahrscheinlich jenes Grübchen so gedeutet haben. Wie bei vielen Loricaten, bei denen Rücken- und Bauchschild in einem spitzen Winkel zusammenstossen, nimmt die Matrix an den Seitenkanten häufig unregelmässig-wellenförmige Contouren an, die oft weit nach innen vorspringen können.

28. Stephanops lamellaris Ehr.

Die lateralen Taster sind sehr schwer zu finden, obwohl ihre Haare eine beträchtliche Länge haben. Sie liegen neben den kleinen seitlichen Panzerzacken. Wegen der mächtigen Entwicklung des Kopfschirmes ist das Tier nicht im Stande, seinen Räderapparat einzustülpen, bei Rotatorien eine sehr seltene Ausnahme.

29. Pompholyx complanata Gosse

ist nach dem Erscheinen der kurzen Beschreibung (69), welche ihr Entdecker gab, noch nicht wieder untersucht worden. Der Panzer weicht nur unwesentlich von Pterodina ab. Seine grösste Länge beträgt 0,09, seine grösste Breite 0,084. Wenn man das freischwimmende Tier von oben betrachtet, so erscheint der Panzer nicht immer rundlich, sondern häufig an den Seiten gerade abgestutzt, da das Tier den Panzerrand durch irgendwelche Muskelcontraction nach der Bauchseite umzuklappen vermag. Der Räderapparat besteht aus einem doppelten Wimperkranz, zwischen denen am ventralen Rande die Mundöffnung gelegen ist. Der vordere Ciliensaum zieht continuierlich an derselben vorüber und wird dorsalwärts in der Mitte durch eine nackte Stelle unterbrochen. Der hintere setzt sich dagegen in den Mund fort. Die beiden Augenflecke mit grossen Linsen sind in der Jugend schön rot, werden aber später viel dunkler, fast schwärzlich. Die seitlichen Taster liegen dicht neben dem Panzerrande in der Mitte der Längsachse. Die zugehörigen Ganglien stehen durch einen dünnen Stiel mit den Wimperbüscheln in Verbindung. Sehr eigentümlich ist die Anheftung der runden, 0,066 grossen Sommereier an den mütterlichen Körper. Sie sitzen einem Gallertstrange an, der etwas aus der Kloakenöffnung hervorragt, sich aber als ein immer feiner werdender Faden bis in das Innere des Genitalsackes verfolgen lässt.

30. Pterodina Ehr.

Ob die beiden von Ehrenberg aufgestellten Specien patina und elliptica wirklich von einander verschieden sind, ist mir sehr

zweifelhaft geworden. Die Form des Panzers ist nämlich nicht ganz constant. Man findet öfters Tiere, deren Umrisse genau die Mitte zwischen jenen beiden Arten halten. Alle übrigen von Ehrenberg angegebenen Unterscheidungsmerkmale erweisen sich bei genauerer Prüfung ebenfalls als hinfällig. Der Panzerrand ist stets glatt. Auf den ersten Blick erscheint er freilich häufig unregelmässig wellig gebogen, weil — wie bei Metopidia und Euchlanis — die meist stark mit kleinen Körnchen durchsetzten Matrixschichten der Rücken- und Bauchplatte in dem spitzen Winkel der Seitenkanten unregelmässig mit einander zusammenfliessen. Die angebliche Differenz der Räderorgane lässt sich auch nicht aufrecht erhalten, da dasselbe bei allen Pterodinen gleich gebaut ist, Ehrenberg aber nur ungenügend bekannt war. Der Wimperapparat des Kopfes gleicht genau dem der eben beschriebenen Gattung Pompholyx. Die beiden Cilienkränze sind dorsalwärts in der Mitte unterbrochen. Innerhalb des grösseren und vorderen befinden sich einige wohl zum Tasten dienende lange Borsten. Der Darm zeigt einige beachtenswerte Eigentümlichkeiten. Der kugelige Endabschnitt liegt zum grössten Teile hinter der Afteröffnung. Diese selbst aber befindet sich an der Basis des Fusses auf der Bauchseite. Wo der Magen in den Enddarm übergeht, münden ein Paar kurze birnförmige, nach hinten gerichtete Drüsen, die Eckstein zuerst gesehen hat, und in denen man ein feinkörniges Secret bemerkt. Bei einigen Individuen fand ich am Enddarm noch 2 kurze, drüsenartige Aussackungen, die bei andern vermisst wurden. Eckstein berichtet, dass der Fuss nicht zum Anheften diene und keine Klebdrüsen besitze, sondern den Enddarm in sich schliesse und im Innern ganz mit Wimpern ausgekleidet sei. Ich habe mich wiederholt überzeugt, dass diese Angaben unrichtig sind. Auch Leydig beobachtete die Kloakenöffnung an der Wurzel des Fusses, der von einigen Muskeln und von 2 bandförmigen Klebdrüsen durchzogen wird, mit deren Secret sich das Tier, wie die übrigen Rotatorien, festheften kann. Von dem hinteren, nicht quergeringelten Abschnitt des Fusses gliedert sich das freie Ende als ein kleiner einstülpbarer Ring, der dicht mit Cilien besetzt ist, ab. Alle übrigen Teile des Schwanzes sind frei von Flimmerepithel. Wie bei den Brachionusarten kann derselbe durch 4 Muskeln teilweise oder ganz in das Innere des Panzers zurückgezogen werden. Von den übrigen Muskeln fallen leicht die grossen Retractoren des Räderapparates in die Augen, welche vom Kopf schräg nach hinten und aussen verlaufen. Jederseits finden

sich zwei derselben, die deshalb leicht als ein einziger erscheinen, weil sie dieselbe Ursprungsstelle haben und bei der geringen Höhe des Tieres dicht übereinander liegen. Ihre Querstreifung scheint bei verschiedenen Individuen nicht gleich stark ausgebildet zu sein. Meist fällt sie sehr deutlich in die Augen, zuweilen jedoch nur sehr schwer, und ab und zu erkennt man in der Mitte jeder einfach brechenden Scheibe eine sehr schmale Platte doppeltbrechender Substanz (Fig. 21), die ich in der Regel vermisst habe. — Der Geschlechtsapparat hat eine hufeisenförmige Gestalt. Eier fand ich immer nur in dem blinden Ende des (von unten gesehen) linken Schenkels angelegt, und muss hier demnach der Keimstock liegen, dessen Zellen mir mit Sicherheit bis jetzt noch nicht zu Gesicht gekommen sind. — Zum Nervensystem gehört ein dorsaler und 2 von Grenacher zuerst gesehene laterale Taster, die so weit nach vorn verlagert sind, dass alle drei Sinnesbüschel in einer Linie liegen. In der Leibeshöhle sind zarte Bindegewebsfäden mit sternförmigen Zellen ausgespannt, die bei einem Exemplar so zahlreich waren, dass sie ein mesenchymatöses Netzwerk bildeten.

31. Anuraea Ehr.

Die zahlreichen Specien des Genus Anuraea Ehr. zeichnen sich durch den stark gewölbten Rücken- und Bauchpanzer aus, von denen ersterer derb und häufig mit Facetten, Grübchen, Längsleisten oder ähnlichen Hautdifferenzierungen versehen, letzterer dagegen dünnwandig und meistens glatt ist. In der Aushöhlung, welche die ventrale Membran bildet, liegen die Eier und werden so, meist nur in Einzahl, umhergetragen. Ein quergestellter Spalt, der am Hinterende der Bauchplatte angebracht ist, bezeichnet die Afteröffnung. Der Räderapparat hat grosse Ähnlichkeit mit dem von Brachionus. Er wird von einem äussern Wimperkranze gebildet, innerhalb dessen sich 3 kelchartig gruppierte, grosse, kegelförmige Lappen erheben, von denen einer am Rücken, zwei seitlich und ventral stehen. Jeder derselben trägt eine Anzahl beweglicher Cilien, die um so grösser und derber sind, je mehr sie der abgerundeten Spitze jener Lappen genähert sind. Mittelst dieses Wimperapparates bewegen sich die Tiere mit gleichmässiger Geschwindigkeit durch das Wasser, wobei sie sich bald um die Längsachse, bald auch um die Querachse drehen. — Die Länge und Form der Panzerzacken ist bei manchen Specien sehr variabel. Während z. B. bei Anuraea aculeata die hinteren Stachel für gewöhnlich halb so lang als der Panzer sind, trifft man Exemplare,

bei denen sie $\frac{2}{3}$ und darüber erreichen. Bei andern sind sie wieder nur $\frac{1}{5}$ so lang wie der Panzer. In ähnlicher Weise schwankt auch die Länge der vorderen Panzerstachel. In der Regel fand ich, dass Tiere, deren Stirnzacken schwach entwickelt waren, dieselbe Rückbildung in der Grösse der hinteren Cuticularfortsätze erkennen liessen. Vielfach sind auch die Hinterstachel kürzer auf der einen als auf der andern Seite, woraus Ehrenberg mit Unrecht eine besondere Art (An. valga) geschaffen hat. Kleine Verschiedenheiten im Bau des Panzers zeigen weiter die Individuen von An. serrulata. Bei An. acuminata fand ich die Längslinien des Rückens dichter stehend und zahlreicher, als Ehrenberg sie zeichnet. — Eine Art, über deren Stellung zu den schon bekannten Vertretern dieses Genus ich im Zweifel geblieben bin, glich der An. stipitata in der Bildung des vorderen Panzerrandes. Der hintere Stachel setzte sich jedoch nicht so scharf ab, wie es Ehrenberg bei der eben genannten Species zeichnet, und ausserdem war die Oberfläche des Panzers glatt und nicht in Facetten zerlegt. — Die inneren Organe der Anuräen bieten wenig Bemerkenswertes. Dem Kauapparate glaube ich wiederholt zwei Speicheldrüsen ansitzen gesehen zu haben Der Schlund flimmert. Die Wandung und die Drüsen des Magens sind häufig dicht durchsetzt von Fetttropfen. Das Gehirn steht mit einem dorsalen Tastrüssel in Verbindung, welcher beim Ausstülpen des Räderorganes durch die mittleren Stirnzacken geschoben und nach hinten gebogen wird. Er besteht aus einem breiten Basalgliede und einem schmäleren, in ersteres zurückziehbaren Endstücke. Die aus letzterem hervortretenden Sinnesborsten werden, sobald der Taster nach hinten zurückgeschlagen ist, sonnenartig nach allen Seiten ausgebreitet, beim Ein- und Ausstülpen desselben aber ganz eng an einander gelegt. Ausserdem finden sich stets zwei laterale Taster, deren Austrittsöffnungen in der Mitte des Panzers, den Seitenrändern genähert liegen. Diese Sinnesbüschel sind oft nur sehr schwer zu erkennen. — Der Geschlechtsapparat der Weibchen besteht aus Eier- und Dotterstock. Die Kerne des ersteren habe ich nur an gefärbten Präparaten erkennen können. Klebdrüsen fehlen allen Anuräen. Das Wassergefässsystem zeigt das typische Verhalten. Wintereier habe ich nur bei An. aculeata beobachtet. Ihre derbe äussere Schale ist mit niedrigen, zickzackförmig gewundenen Leisten bedeckt. Auch die Sommereier von An. serrulata haben eine feingekörnelte Hülle.

Männchen zu beobachten, ist mir nur bei An. aculeata ge-

lungen, deren Untersuchung aber sehr mühsam ist, da sie pfeilschnell durch's Wasser schiessen und nur 0,1 gross sind. Sie haben cylindrische Gestalt; vorn sitzt der Räderapparat, unter dessen Wimpern sich einige durch besondere Länge auszeichnen, hinten verjüngt sich der Körper zum Penis und endet mit flimmernder, breiter Spitze. Von den übrigen Organen habe ich leider nur den grossen Hoden und das Gehirn erkennen können, das ein dorsales Tastgrübchen versorgt und einen Augenfleck trägt.

32. Noteus quadricornis Ehr.

Die Art der Facettenbildung sowie die Länge und Stellung der Panzerzacken schwankt innerhalb kleiner Grenzen, wie aus den verschiedenen Darstellungen von Ehrenberg, Leydig und Eckstein hervorgeht. Auch die von mir gefundenen Tiere stimmen nicht ganz mit den Schilderungen der genannten Beobachter überein. Die Seitenäste der vordersten Facette reichen auf der Ehrenberg'schen Abbildung nicht bis an den Seitenrand des Panzers, was bei meinen Exemplaren der Fall ist. Die Hinterstachel derselben endigen mit einer scharfen Spitze, sind am Rande gekörnelt und zuweilen stark säbelförmig nach innen gebogen. Die vorderen Panzerstachel laufen stumpf aus, sind nur am Rande oder überall mit kleinen Körnchen und Zähnchen besetzt. — Von den Facetten liegen stets zwei nebeneinander in der Querachse des Körpers. Jederseits zwischen denselben und dem Seitenrande des Panzers ragt aus einer scharf umschriebenen Öffnung der laterale Taster hervor. Den dorsalen hat schon Leydig bemerkt. — Die 6 Nebenaugenflecken, welche Eckstein gefunden haben will, habe ich vergeblich gesucht. — Am letzten Fussglied befindet sich kurz vor den Zehen eine kleine rundliche Vertiefung.

33. Brachionus amphiceros Ehr. (Fig. 22—25).

Im 12. Bande der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie beschreibt Cohn eine Brachionusart, die er für Br. polyacanthus Ehr. hält, obwohl dieselbe in mancher Hinsicht von der Ehrenberg'schen Beschreibung abweicht. Mir stand dieselbe Species aus den Bassins des botanischen Gartens zu Bonn in grösster Menge zur Verfügung, und bin ich durch eingehendes Studium zu der Überzeugung gelangt, dass das von Cohn beschriebene Tier keine Varietät von Br. polyacanthus darstellt, sondern unter dem Namen Br. amphiceros von dem berühmten Berliner Zoologen beschrieben worden ist, und dass ferner Cohn die eben ausge-

schlüpften weiblichen Tiere für männliche gehalten hat, während ihm die wahren Männchen gar nicht zu Gesicht gekommen sind.

Dass Cohn Br. polyacanthus und Br. amphiceros mit einander verwechseln konnte, erklärt sich einmal aus der grossen Variabilität in der Panzerform der zuletzt genannten Species, und dann daraus, dass die Ehrenberg'sche Abbildung keineswegs die gewöhnlichste und typischste Form wiedergiebt. Vornehmlich sind es die 4 Hörner am Hinterrande des Panzers, welche in Gestalt und Grösse bei den einzelnen Individuen differieren. Weniger auffällig sind die Schwankungen, denen die Stirnzacken unterworfen sind. Am häufigsten fand ich Tiere, deren Panzer der Fig. 22 entspricht. Andere Exemplare zeigen dasselbe Längenverhältnis der Zacken, aber die hinteren derselben schwellen an der Basis knopfförmig an. Bei wieder anderen werden die hinteren seitlichen Hörner 3 mal so gross als die hinteren innern und krümmen sich dabei häufig säbelförmig (Fig. 23). Endlich trifft man auch nicht selten Formen, die, wie auf der Ehrenberg'schen Abbildung, vorn und hinten 4 kleine Zacken tragen (Fig. 24). Alle diese Varietäten unterscheiden sich von Br. polyacanthus jedoch leicht dadurch, dass der hintere Panzerrand einen Bogen beschreibt, und immer nur zwei, nicht 3 Hörner die Austrittsöffnung des Fusses umgeben. Die Beweglichkeit der hinteren Fortsätze tritt nur dann deutlich hervor, wenn dieselben eine ziemliche Grösse haben. Sie werden nicht durch besondere Muskeln, sondern durch die hereingepresste Körperflüssigkeit hin und her geschoben, was namentlich dann eintritt, wenn der Räderapparat ganz oder teilweise eingestüpt wird. Unsere Species ist ferner daran kenntlich, dass an der Wurzel der beiden Zehen die Cuticula des Fusses dorsalwärts einen kleinen vorspringenden Kegel bildet. — Im übrigen bietet das weibliche Tier wenig Bemerkenswertes. Der Räderapparat besitzt dieselbe Form, wie sie Eckstein von Br. urceolaris gezeichnet hat, und sei nur hinzugefügt, dass der äussere Wimperkranz hier wie bei den folgenden Br.-Specien am Rücken in der Mitte eine gegen die Seiten besonders abgesetzte Wimperpartie aufweist, und dass die 3 inneren, trichterartig gestellten Lappen mit stärkeren Borsten besetzt sind. Diejenigen der beiden seitlichen Lappen werden häufig schräg nach innen gebogen, sodass sie eine Art Dach über der Mundöffnung bilden. Ventralwärts findet sich im äusseren Cilienkranze nicht weit vom Seitenrande eine stärkere Borste, an deren Grunde ich vergeblich nach den von Eckstein angegebenen Nebenaugenflecken gesucht habe. — Der kegelförmig verlängerte Taster im Nacken ist Cohn entgangen.

Die lateralen hat er dagegen gesehen. Die zu den letzteren verlaufenden Nerven bezeichnet er als „zwei breite Fadenstränge, welche vom Centralorgane nach hinten zu den Seitenstacheln des Panzers führen und an der Basis derselben in zwei Büschelgruben münden". Hier liegt, wie ich mit Sicherheit behaupten kann, ein Irrtum vor. Die lateralen Nerven bilden, wie gewöhnlich, unter dem Tastbüschel eine gangliöse Anschwellung, werden aber dann zu sehr schmalen Fäden, die nicht mit dem Gehirn in Verbindung stehen, — wie dies auch Cohn auf seiner Abbildung nicht angiebt (*l. c.* Taf. XXII. Fig. 4) —, sondern längs der Seitenlinie des Panzers, der Bauchseite genähert, nach vorn bis fast zur Basis der seitlichen Stirnzacken laufen. Sie schmiegen sich dicht an die hier befindliche verknäuelte Partie des Wassergefässes und lassen sich dann nicht weiter verfolgen. Entweder versorgen sie jene Schleifenbildung des Excretionsorganes oder enden frei unter der Haut; doch halte ich letzteres für weniger wahrscheinlich. Dass die Lateralnerven nicht an das Centralorgan treten, geht auch daraus hervor, dass sie sich nicht in Falten legen, wenn das Räderorgan eingestülpt und das Gehirn dabei weit nach hinten verschoben wird. — Eierstock und dotterbereitender Abschnitt verhalten sich bei allen Gliedern dieses Genus gleich und sollen bei Br. urceolaris beschrieben werden. — Die eben ausgekrochenen Weibchen unterscheiden sich, abgesehen von der geringeren Grösse, anatomisch in nichts von den erwachsenen Tieren. Sie weisen jedoch im Enddarm eine (oder auch 2, 3) kugelige, bei durchgehendem Lichte schwarz erscheinende Masse auf, die aus sehr kleinen Körnchen zusammengesetzt ist. Sie fällt schon an dem halbreifen Embryo in die Augen, wird aber bald nach der Geburt durch den After entleert. Dieselben Körnerhaufen sind für alle männlichen Brachionen characteristisch, und dies ist wohl der Grund, weshalb Cohn die jungen Weibchen für Männchen gehalten und diesen einen mit Hörnern besetzten Panzer und einen rudimentären Kauapparat zugeschrieben hat. Die eigentümlichen, gegen einander convergierenden Taster, welche er an der Stirn zeichnet, sind nichts weiter als die Borsten auf den beiden inneren Lappen des Räderapparates, die häufig, wie schon oben angegeben wurde, jene Stellung einnehmen.

Die männlichen Br. amphiceros (Fig. 25) sind unbepanzerte, gegen 0,16 lange und 0,06 breite Tierchen, die nach hinten in einen mit queren Muskelringen und zwei kurzen Zehen versehenen Fuss auslaufen. Sie gleichen den Männchen der übrigen Brachionus-

specien so sehr, dass man sie kaum von denselben unterscheiden und ihre Art nur dann erkennen kann, wenn das Muttertier bekannt ist. Ihre Beweglichkeit und Kleinheit, sowie der Umstand, dass die Matrix oft so dicht von Granula durchsetzt ist, dass man von den inneren Organen fast nichts sieht, machen ihre Untersuchung sehr schwierig. Gosse (67) und Hudson (83) haben uns schon mit einer Anzahl männlicher Brachionen bekannt gemacht, sodass ich mich kurz fassen kann. Der Räderapparat besteht aus einem continuierlichen Wimpersaume, über den der Kopf halbkugelig vorspringt. Auf der ventralen Hälfte dieser Calotte befinden sich noch eine Anzahl Cilien, deren Stellung und Grösse die Zeichnung veranschaulicht. Die stärksten unter ihnen sind an der Spitze oft fein zerfasert. Der Hoden (*t*) setzt sich nach hinten in den Penis (pe) mit einem flimmernden Kanal fort. Dies Begattungsorgan ist im ausgestreckten Zustande, den man freilich selten zu sehen bekommt, länger als der Fuss (*f*) und verjüngt sich nach hinten zu einer breiten, mit starken Cilien besetzten Spitze. Hat man ein reifes Tier vor sich, so bemerkt man im Innern des Hodens das Gewimmel der Spermatozoen, deren langer Schwanzfaden eine undulierende Membran zeigt, und die schon mehrfach erwähnten, schmal-spindelförmigen Körperchen, die sich namentlich im Anfangsteil des Vas deferens ansammeln. Bei noch nicht völlig geschlechtsreifen Individuen birgt der Hoden ausserdem einen Haufen runder Spermatozoenmutterzellen (*x*). Zwischen der Unterseite des Gehirns und der Rückenseite des Hodens spannt sich als ein unregelmässiges Band der rudimentäre Darm aus. Dass dies Gebilde eine solche Deutung verdient, geht daraus hervor, dass sein hinterster Abschnitt, der also dem Enddarm entsprechen würde, blasenartig erweitert ist und dieselbe schwarze Körnermasse (*y*) enthält, wie sie im Darm der jungen Weibchen vorkommt. Bei manchen Exemplaren ist der Zusammenhang zwischen der vorderen und hinteren Hälfte des rudimentären Darmes freilich nicht mehr vorhanden oder sehr undeutlich geworden. — Das Nervensystem besteht, wie beim Weibchen, aus einem grossen Gehirn (*g*) mit rotem Augenfleck, einem dorsalen und zwei lateralen Tastern, doch spricht sich ein ursprünglicherer Zustand darin aus, dass der nackenständige Borstenbüschel einer einfachen kreisrunden Öffnung der Cuticula und nicht einem besonderen Kegel ansitzt. Auch das Excretionssystem steht nicht auf derselben Höhe, wie beim Weibchen, da es noch nicht zur Ausbildung einer contractilen Blase gekommen ist. Wie die Wasser-

gefässe ausmünden, habe ich freilich noch nicht mit Sicherheit erkennen können. Sie scheinen mir dort in das Vas deferens zu treten, wo Penis und Fuss zusammenstossen. Dennoch unterliegt das Fehlen der Blase keinem Zweifel, da mir niemals bei vielen daraufhin beobachteten Tieren ein derartiges contractiles Gebilde vor die Augen gekommen ist. Im Fusse befinden sich zwei lange schlauchförmige Klebdrüsen, welche an der Spitze der Zehen ausmünden.

34. **Brachionus urceolaris Ehr.** (Fig. 26—29).

Obwohl Leydig die Vermutung Dujardin's, dass Br. urceolaris Ehr. und Br. rubens Ehr. synonym seien, für ganz unbegründet hält, da beide „nach Form und Lebensweise ganz bestimmt verschiedene Arten“ seien, glaube ich dennoch, nach Untersuchung zahlreicher Exemplare aus den verschiedensten Gegenden, dass der französische Forscher Recht hat. Die Panzer aller Br. Specien sind hinsichtlich der Länge und Gestalt ihrer Zacken geringen Schwankungen unterworfen, und ist daher kein Gewicht auf den sehr geringen Unterschied zu legen, der nach Ehrenberg in der Panzerform zwischen beiden Arten existieren soll. Ich habe auch sehr oft Individuen gefangen, die weder die Stirnzähne der einen noch der anderen Species besassen, sondern genau zwischen beiden standen. Der rötliche Schimmer, welcher ferner für rubens characteristisch sein soll, erweist sich als ein sehr unsicheres Merkmal, das häufig fehlt. Endlich ist auch die Lebensweise bei beiden Formen, soweit meine Beobachtungen reichen, dieselbe. Ich fand sie stets freischwimmend und bin überzeugt, dass man rubens nicht als einen Schmarotzer der Daphnien hinstellen darf, wie es Leydig thut, wenn es auch zuweilen vorkommt, dass sie sich vorübergehend auf der Schale jener kleinen Kruster festheften. Mit demselben Rechte könnte man die Calidinaarten für Ectoparasiten von Gammarus erklären, weil sich dieselben ebenfalls manchmal von diesen Krebsen durchs Wasser ziehen lassen.

Über die Anatomie unseres Tieres sind wir durch Cohn und Eckstein gründlich unterrichtet worden, nur haben dieselben die lateralen Taster übersehen, welche, wie bei allen Brachionen, auf der Rückseite am Anfang des hinteren Körperdrittels in der Nähe des Seitenrandes angebracht sind. An vielen Exemplaren habe ich vergeblich die Nebenaugenflecken gesucht, die nach Eckstein

an der Basis der längeren Wimpern des Räderapparates liegen sollen.

Zur Kenntnis der Histologie der weiblichen Tiere diene Folgendes. Die Matrix der Cuticula ist eine dünne, nicht in Zellen gesonderte Protoplasmaschicht, deren schwammige Structur (Fig. 27) sich sehr schön erkennen lässt. Von Stelle zu Stelle sieht man bläschenförmige Kerne mit kleinem Nucleolus. Unterhalb der Kopfwimpern springt die Hypodermis in zahlreichen Polstern nach innen vor, von denen meist jeder mehrere Kerne aufweist. Die Cilien des Räderapparates setzen sich durch die Cuticula als feine parallele Streifen in das Innere der Polster fort. Der Schlund ist mit einigen langen Cilien besetzt, die lebhaft hin und her schlagen. Die Flimmerzellen des Magens sind gross, von polygonaler Gestalt, besitzen eine deutliche Membran und einen meist nach aussen gelagerten runden Kern mit grossem Kernkörperchen. Dieselbe Beschaffenheit zeigt der Enddarm, doch lassen sich hier die Zellgrenzen nur schwer erkennen. Die Cilien desselben sind länger als im vorhergehenden Abschnitte. In der Protoplasmamasse, welche die Magendrüsen erfüllt, und in der sich mehrere Kerne mit grossem Nucleolus befinden, habe ich nie eine Andeutung von einer Sonderung in Zellen bemerken können. In der Wand der Wassergefässe liegt von Strecke zu Strecke ein ovaler Kern; gefärbte Präparate zeigen, dass mehrere derselben dicht neben einander nur in den verknäuelten Partieen vorkommen. Ab und zu trifft man in der feinkörnigen Wandung der Excretionskanäle 1 oder 2 längliche Streifen einer homogenen ölartigen Masse, welche beiderseits symmetrisch, meist in der Nähe der Schleifenteile liegt. Über ihre Natur und Bedeutung bin ich bei Brachionus ebensowenig wie bei Hydatina und Euchlanis in's Reine gekommen. In den Zitterorganen habe ich einen Kern mit Sicherheit nicht erkennen können. Unterhalb der Endkante der Flächenansicht findet sich freilich meist ein dunkles Körnchen, welches vielleicht den Kern darstellt. Zuweilen traf ich Zitterorgane, deren Wandung an der Übergangsstelle in den kurzen Stiel, mit dem sie in den Längskanal münden, blasig aufgetrieben war und hier einen rundlichen Fleck aufwies, der auch so gedeutet werden könnte. Von dem Zitterorgan, welches die Mitte des Gefässes verlässt und nach innen gerichtet ist, pflegt ein zarter bindegewebiger Faden abzugehen, der sich an die Haut ansetzt; die übrigen entbehren desselben. — Der Geschlechtsapparat (Fig. 29) ist bei allen Brachionen von gleicher Beschaffenheit. Sieht man

auf die Ventralseite des Tieres, so liegt stets der Eierstock der vorderen linken Ecke des ungleich viel grösseren Dotterstockes (*d. s.*) an. Beide werden gemeinschaftlich von einer dünnen Membran (x) umschlossen, die einen breitdreieckigen, mit der Spitze in die Kloake mündenden Sack bildet. Der das Deutoplasma bereitende Teil der Geschlechtsorgane fällt beim lebenden Tiere meist allein in die Augen. Sein dichtkörniger, von zahlreichen grossen und kleinen Fetttropfen durchsetzter Dotter wird von einer sehr zarten Membran eingehüllt und ist nicht in Zellen gesondert, sondern stellt eine zusammenhängende Protoplasmamasse dar, der eine beschränkte Anzahl von 0,014 grossen Kernen eingestreut ist. Bei diesen ist, wie auch bei allen anderen Rotatorien, der dunklere Nucleolus (n') so gross, dass der Kern (n) nur als ein heller homogener Hof sich ausnimmt, dessen Saum an Osmiumpräparaten zuweilen eine poröse Structur zeigte. Die Nuclei sind oval, selten eckig ausgezogen. Lässt man die Tiere hungern, so schwindet die Dottermasse zusehends, bis schliesslich am vorderen Rande des Genitalsackes sich nur noch ein schmaler Streifen Dottersubstanz befindet, indem die Kerne dicht neben einander liegen. Auch hieraus lässt sich mit Sicherheit schliessen, dass keine eigentlichen Dotterzellen vorhanden sind. Wären diese da, so würde mit dem Verbrauch der Dottersubstanz jede Zelle ein vacuolisiertes Aussehen annehmen, die Stellung und gegenseitige Entfernung der Kerne aber die gleiche bleiben. — Der Eiserstock (29 *k. s.*) besteht aus ungefähr 30—40 nur gegen 0,002 grossen, rundlichen Keimzellen, die von vorn nach hinten an Durchmesser zunehmen und demgemäss auch am hinteren Ende successive zu Eianlagen werden, deren Wachstum sich in der bei Hydatina geschilderten Weise vollzieht. In jeder Keimzelle liegt ein rundlicher Kern. Wahrscheinlich wird auch hier das jüngste Ende des Keimstockes aus einem noch nicht in Zellen gesonderten Keimlager bestehen. Im Gehirn bemerkt man an gefärbten Tieren sehr zahlreiche, überall gleichmässig verteilte runde Kerne, doch habe ich den feineren Bau der zugehörigen Ganglienzellen nicht ermitteln können. Der Augenfleck hat zwar meist eine >< förmige Gestalt, doch ist er auch häufig unregelmässig geformt. Im Innern des roten Pigments sah ich öfters eine weissliche, mehr oder weniger verdeckte Substanz. Im übrigen verhält sich das Nervensystem wie bei Br. amphiceros. Die Ganglien unterhalb des dorsalen und der lateralen Taster endigen mit einem scharf markierten Ringe (Fig. 26), bis zu dem hin sich die Sinneshaare

verfolgen lassen. Die Zellen der Klebdrüsen sind, wie bei manchen anderen Organen der Rädertiere, zu einem Syncytium verschmolzen (Fig. 28). Die Membran der eingestreuten Kerne zeigte nach Anwendung von Osmium häufig eine abwechselnd helle und dichte Beschaffenheit, als ob sie von zahllosen kleinen Kanälen durchbohrt sei.

Bei einigen Männchen, die sich kaum von den männlichen Br. amphiceros unterscheiden lassen, flottierte das Sperma frei in der Leibeshöhle, obwohl sie mit grösster Schonung behandelt und nicht etwa durch das Deckglas gequetscht waren. Die Wand des Hodens war stellenweise sehr undeutlich und schien hier und da zerrissen zu sein. Auch an zwei frei in einem Wassertropfen schwimmenden Männchen von Br. brevispinus habe ich dasselbe beobachtet. Hier liegt wohl eine öfters vorkommende pathologische Erscheinung vor.

35. **Brachionus Bakeri und brevispinus Ehr.**

sind von allen übrigen, hier erwähnten Brachionen leicht zu unterscheiden: während diese beim freien Schwimmen den Fuss fast immer einziehen, pflegen jene denselben ausgestreckt zu tragen, was sofort in die Augen fällt. Bei der zuerst genannten Art sah ich, dass die langen Tastborsten des Räderapparates an ihrer Spitze häufig fein zerschlitzt sind, was darauf hindeutet, dass sie aus der Verwachsung mehrerer gewöhnlicher Cilien entstanden sind. Hierfür spricht auch ihre ab und zu noch hervortretende Beweglichkeit. In letzterer Hinsicht macht nur jederseits die eine dorsal eingelenkte Tastborste eine Ausnahme, welche nach hinten über den Rand des äusseren Wimpersaumes geklappt wird: sie ist unbeweglich. Nebenaugenflecke habe ich auch hier vermisst. — Die Männchen beider Species bieten nichts Abweichendes.

36. **Brachionus bidens** (n. sp. Fig. 30)

möge eine neue Species heissen, die ich in ziemlicher Zahl aus den Tümpeln des botanischen Gartens zu Bonn mir verschafft habe. Das Tier ist nahe verwandt mit Br. augularis Gosse, mit dem es in Grösse und Form des Panzers übereinstimmt und sich nur dadurch unterscheidet, dass die Oberfläche des Panzers nicht eine durch winklige Rippen rauhe Beschaffenheit besitzt, sondern ganz glatt, höchstens sehr fein punktiert ist. Die jungen Weibchen besitzen einen „Harnballen“ im Enddarm. Der Fuss, welcher

fast so lang als der Panzer ist, ist stark quergeringelt und trägt zwei Zehen, die nicht, wie bei den übrigen Brachionen, breit abgestumpft, sondern mit einer abgesetzten und fein zulaufenden Spitze endigen. Die Austrittsöffnung der Klebdrüsen liegt daher auch nicht am äussersten Punkte der Zehen, sondern an der Basis jener Spitzen (x). Die Grösse des Panzers beträgt circa 0,136, die grösste Breite 0,12. Die Männchen messen bis zur Fussbasis 0,094; die Wintereier, deren äussere Schale dicht mit kleinen Grübchen bedeckt ist, 0,104. Sie öffnen sich deckelartig an dem einen Pol.

37. Brachionus decipiens n. sp.

erinnert in Form und Grösse sehr an Br. Pala, unterscheidet sich aber von ihr dadurch, dass der Hinterrand des Panzers ausser den zwei abgerundeten Stacheln neben der Austrittsöffnung des Fusses noch zwei kurze, seitliche Hörner besitzt. Letztere werden häufig eng dem Körper angedrückt, so dass man sich über ihre Anwesenheit leicht täuscht; daher der Speciesname decipiens.

38. Brachionus plicatilis Müll.

ist, wenn wir von Seison absehen, das einzige marine Rädertier, über welches wir eine eingehende Schilderung besitzen; doch weicht dasselbe nach den Mitteilungen von Möbius (117) in der Beschaffenheit der Mundöffnung und des Räderapparates so sehr von den übrigen Brachionen ab, dass es in ein besonderes Genus wird gestellt werden müssen, wenn jene Angaben sich bei einer erneuten Untersuchung als richtig herausstellen. Sollte Möbius nicht den mittleren Lappen des inneren Wimperkranzes für den rüsselförmig verlängerten Mund gehalten haben? Auch der dorsale Taster ist wohl nur übersehen worden. Es wäre ferner interessant zu erfahren, ob bei dieser Art auch Wintereier vorkommen, oder ob die letzteren ausschliesslich als Anpassungen an das Süsswasser anzusehen sind.

VII. Familie: Asplanchnäa.

39. Asplanchna myrmeleo Ehr. (Fig. 31—37).

Von allen Rotatorien ist besonders das Genus Asplanchna wegen der Grösse und Durchsichtigkeit seiner Formen geeignet,

dem Beobachter einen klaren Einblick in den Organismus zu verschaffen. Über die Anatomie dieser prächtigen Tiere haben Leydig und eine Reihe englischer Forscher ausführliche Mitteilungen gemacht, und habe ich daher vornehmlich auf die Histologie mein Augenmerk gerichtet, ohne leider bei der geringen Anzahl von Individuen, welche mir zur Verfügung standen, damit völlig zum Abschluss gekommen zu sein.

Hinsichtlich des Räderapparates der Asplanchna myrmeleo (Fig. 31) kann ich die Angaben Leydigs in einigen Punkten erweitern. Der Hauptkranz der langen feinen Cilien, durch deren hakenförmige Bewegung sich die Tiere in langsamen Kreisen durch das Wasser bewegen, ist dorsal und ventral in der Mitte durch eine nackte Stelle unterbrochen. Ziemlich in der Mitte zwischen derselben und dem Seitenrande befindet sich auf der Bauch- und Rückseite jederseits eine kleine Hervorwölbung der Wimperschnur, auf der einige stärkere Borsten sitzen. Innerhalb dieses Räderorganes stülpt sich der Kopf in zwei abgerundeten Kegeln hervor, welche auf der Ventralseite sich trichterförmig zur Mundöffnung herabsenken. Die links und rechts von derselben gelegenen kleinen Hügel (*x*), welche 4 starke bewegliche Borsten tragen, sowie 2 dorsalwärts gelagerte und mit starren feinen Cilien versehene Taster (*y*) sind schon von Leydig richtig erkannt worden. Dicht neben den letzteren breiten sich eine Anzahl ebenso beschaffener Sinneshaare fächerförmig aus (*z*). Ein anderer, aber unpaarer Gefühlsbüschel liegt an der Rückenwand des Mundtrichters und wird halbkreisförmig von einer Reihe schlagender Wimpern umstellt. Endlich geht noch ein Ciliensaum, der in der Mitte zwei grössere Borsten trägt, jederseits von den Matrixverdickungen der Nebenaugenflecke (*oc*) ab und zieht sich auf eine kurze Strecke die Kopfkegel hinauf. — Der für alle Asplanchnen characteristische grosse Kropf, der sich zwischen Mundöffnung und Schlund einschiebt und im Innern die tasterzirkelförmigen Kiefern trägt, ist ein sehr geräumiger Hohlraum, der von 3 halbrinnenartigen Säcken gebildet wird, zwei seitlichen (*g*) und einem dorsalen (*r*). Der letztere reicht am weitesten nach hinten und steht mit dem Ösophagus in Verbindung. Die Lateralsäcke werden jeder durch eine nach innen vorspringende, auch äusserlich sich markierende Leiste in 2 Abschnitte zerlegt, von denen der eine an den dorsalen unpaaren Sack angrenzt. Ob die übrigen Rotatorien ein Organ besitzen, welches dieser eigenartigen Kropfbildung homolog ist, wage ich nicht zu entscheiden. Eyferth

lässt sie aus modificierten Aussenkiefern hervorgehen, ohne irgend welche Gründe hierfür anzugeben. Nach Lage und Form sollte man eher glauben, dass mit der Rückbildung des Kauapparates auch die zugehörigen Muskelmassen geschwunden und statt derselben diese Hohlräume entstanden seien. Die Wandung des Kropfes besteht aus einer äusseren und einer inneren chitinösen Cuticula, zwischen denen eine Schicht von Protoplasma liegt. Zellgrenzen konnte ich in derselben nicht erkennen, wohl aber hier und da bläschenförmige Kerne mit 1 oder auch 2 kleinen Kernkörperchen. Die beiden Cuticulae des dorsalen Sackes entfernen sich stellenweise viel weiter von einander, als es bei den Lateralsäcken der Fall ist, und sind durch haarfeine Stützbalken mit einander verbunden. Von der Fläche gesehen machen diese Partieen den Eindruck eines Maschenwerkes. — Der lange Schlund (31, 32, *oe*) zeigt eine grosse Zahl paralleler Längsmuskeln, die an der Übergangsstelle in den dorsalen Kropfsack sich eine Strecke weit in der Wandung desselben fortsetzen. Wenn die Tiere ungestört umherschwimmen, so sieht man, wie der Magen durch Contraction dieser Längsmuskeln in regelmässigen Intervallen bis unmittelbar unter den Kropf gezogen wird. Da diese Muskulatur am Ende des Schlundrohres aufhört, hebt sich dasselbe scharf von dem nun folgenden Magen ab, der auf seiner ganzen Innenfläche mit zarten, oft schwer sichtbaren Flimmern ausgekleidet ist. Äusserlich und auch histologisch zerfällt der Magen in zwei Abschnitte, einen vorderen (32 *a*) und einen hinteren (*b*), dem streng genommen allein diese Bezeichnung zukommt. Der erstere hat, wie der Ösophagus, die Gestalt eines cylindrischen Rohres und ist nach hinten nur wenig verbreitert. Er kann als Fortsetzung des Schlundes angesehen werden und trägt am Anfange des hinteren Drittels jederseits eine doppellappige Magendrüse (*m. d.*). In der Wandung lassen sich einige zarte Längsmuskeln und bläschenförmige Kerne mit Nucleoli erkennen. Die einzelnen Zellen besitzen keine besondere Membran und grenzen sich daher für das Auge nur undeutlich von einander ab. Der eigentliche Magen besteht dagegen aus grossen, unregelmässig-rundlichen oder polygonalen Zellen, deren jede ein scharf markierte Membran aufweist. Die Zellen springen halbkugelig über die Oberfläche vor und machen bei der Flächenansicht daher leicht den Eindruck, als ob zwischen ihnen Intercellularräume sich befänden. Die ziemlich grossen runden Kerne liegen in der Regel weit nach aussen in der Zelle. In der Membran derselben finden sich einzelne dunkle

Körnchen, die aber nicht so zahlreich sind, dass man aus ihnen auf eine poröse Structur schliessen könnte. Im Innern des Kernes hängt an zarten Fäden ein kleiner Nucleolus. Lebenskräftige Tiere zeigen ausserdem in jeder Zelle eine Unzahl brauner Pigmentkügelchen und vielfach auch Öltropfen. Die Magenwand ist contractil. Sie vermag sich auszudehnen und sich zusammenzuziehen, wodurch die einzelnen Zellen besonders stark nach aussen vorspringen und dem Magen ein traubiges Aussehen geben. Die Muskeln (*mu*) bilden zarte, netzförmig mit einander anastomosierende Fäden, die, wenn ich mich nicht sehr irre, äusserlich den Magenzellen anliegen und diese passiv zusammenpressen. Jeder der beiden Teile einer Magendrüse besteht aus einer zusammenhängenden protoplasmatischen Grundmasse, in welcher sich zahlreiche Kerne mit grossen Kernkörperchen eingestreut finden. Das Secret derselben ist eine feinkörnige Masse, welche an der engsten Stelle des ganzen Organes, also zwischen den beiden nierenförmigen Lappen, in den Magen übertritt. Eine dauernde Öffnung ist nicht vorhanden. Man bemerkt eine solche meist nur, wenn die Drüse stark mit Secret erfüllt ist. Für gewöhnlich scheinen sich die Ränder derselben so eng an einander zu legen, dass sie nicht sichtbar wird. — Dass sich der Magen in zwei, auch histologisch verschiedene Partieen sondert, ist mir nur von diesem Genus bekannt und steht vielleicht mit dem Fehlen eines Enddarmes in Zusammenhang, obwohl das braune leberartige Pigment verbietet, dem hinteren Magenabschnitt der Asplanchna eine ausschliesslich resorbierende Thätigkeit zuzuschreiben. — Die Wassergefässe münden in eine contractile Blase, die im prallen Zustande einen grossen Teil der Leibeshöhle einnimmt. An ihnen lässt sich der histologische Aufbau des Excretionsorganes besonders gut erkennen. Jeder Kanal (Fig. 31) beginnt weit vorn, innerhalb einer der kegelförmigen Kopfausstülpungen und teilt sich dann in der Höhe des Muskelkragens, welcher den Hals umgiebt, in zwei Äste von verschiedenem histologischen Bau, die dicht vor der Einmündung in die Blase sich wieder vereinigen. Die dadurch gebildete Öse erstreckt sich durch den grössten Teil der Körperseiten. Der eine dieser Gabeläste (Fig. 33 *a*) ist schmal, zeigt eine dünne Wandung, in deren Protoplamsa nur sehr feine Körnchen eingestreut sind und trägt auf der einen Seite eine sehr grosse Zahl von Zitterorganen, die in geringen Abständen von einander stehen. Der andere Kanal (Fig. 33 *b*) ist ungefähr doppelt so breit und besitzt eine dicke, mit zahlreichen grossen und kleinen Fetttröpfchen

durchsetzte Wandung. Er besitzt keine Zitterorgane, verknäuelt sich aber zweimal und bildet kurz vor der Vereinigung mit dem schmalen Gefässe einen grossen Bogen. Schon Leydig hat mit Recht hervorgehoben, dass dieser dickwandige Kanal vornehmlich, wenn nicht ausschliesslich als Sitz der secretorischen Thätigkeit anzusehen ist. Die vor der Gabelung im Kopfe gelegene Strecke des Wassergefässes zeigt den Character des schmäleren Gabelastes, nur ist sie etwas breiter. In der Wandung des secernierenden Kanales liegen in ziemlichen Abständen einzelne ovale oder rundliche Kerne, deren Nucleoli in einem Netz feiner Fäden hängen. Diese Kerne sind in den Schleifenpartieen in grösserer Zahl (5—8) vorhanden. Auch in der vor der Gabelung liegenden Strecke habe ich Kerne von etwas geringerer Grösse gesehen, sie dagegen in dem ganzen mit Zitterorganen besetzten Kanale vermisst. Über den Bau dieser vibrierenden Körperchen gilt im allgemeinen das, was schon bei Euchlanis über sie gesagt wurde. Sie sind, wie bei dieser Gattung, am freien Ende geschlossen, haben aber eine etwas andere Gestalt. Die Flächenansicht zeigt nämlich eine nur schwach ausgeprägte Dreiecksform (Fig. 33, 1, 2), indem der vordere, quer abgestutzte Rand nur wenig breiter ist als der kurze Stiel, mit dem die Organe in den Längskanal einmünden. In ihrer Wandung erkennt man die schon erwähnte zarte Längsstreifung. Die Endkante bildet meist keine gerade Linie, sondern ist etwas uneben. Ihr parallel läuft die nach innen vorspringende Leiste, an welcher die zarte, schwingende Membran angebracht ist. Zwischen jener queren Endkante und dieser Leiste befindet sich etwas Protoplasma, in dem man vielfach 1 oder auch 2 dunkle Körnchen bemerkt. Da dieselben bei anderen Zitterorganen hingegen fehlen und sich häufig auch am Seitenrande finden, dürfen sie nicht als Kerne gedeutet werden. Ich halte die einzelnen Zitterorgane für kernlos, glaube aber, dass sich in dem dieselben tragenden Längskanale noch Kerne werden nachweisen lassen. In der Kantenansicht zeigen diese eigenartigen, während des ganzen Lebens rastlos thätigen Körper die gewöhnliche schmalcylindrische Form. Die schwingende Membran reicht nicht bis in das Lumen des Hauptgefässes herein, sodass man die basale Partie, welche häufig auch verschmälert ist, als Stiel des Zitterorganes unterscheiden kann. Hinzufügen will ich noch, dass ich einmal an einem durch Zerzupfen isolierten Teile des Wassergefässsystemes von jedem Zitterorgan einen zarten bindegewebigen Faden abgehen sah, der sich an die äussere Haut zu setzen schien. An andern Tieren habe ich die Fäden nie wieder gesehen.

Der Geschlechtsapparat der weiblichen Asplanchnen zeigt eine sehr deutliche Sonderung in einen keim- und einen dotterbereitenden Abschnitt, die sich auch äusserlich — mit Ausnahme der Species Aspl. priodonta — leicht erkennen lässt, da der Eierstock (Fig. 31, *k. s.*) als ein kleiner ovaler Körper dem tiefsten Punkte des grossen hufeisenförmigen Dotterstockes (Fig. 31, *d. s.*) ansitzt. Beide Teile sind bei diesem Genus schärfer von einander geschieden, als bei irgend einem anderen Rotator. Der Dotterstock der Aspl. myrmeleo stellt ein flaches hufeisenförmiges Band dar, dessen convexe Seite nach hinten gerichtet ist, und dessen am freien Ende keulenförmig verbreiterte Schenkel den Magen zwischen sich fassen. Das Organ wird nach aussen von einer zarten, keine besonderen Kerne führenden Membran begrenzt und ist im Innern von einer zusammenhängenden feinkörnigen Dottermasse erfüllt, in der eine sehr grosse Zahl von Dotterkernen, die sämtlich neben einander in einer Ebene liegen, eingebettet sind. Diese runden Kerne nehmen in jedem Schenkel allmählich von vorn nach hinten an Grösse ab, zeigen aber im übrigen stets die gleiche Beschaffenheit, einen Nucleolus, der so gross ist, dass der Nucleus ihn als ein mehr oder weniger breiter Hof umgiebt. Die im Eierstock dicht gedrängt zusammenliegenden bläschenförmigen Eikerne sind um so gösser, je mehr sie von den Dotterkernen entfernt liegen. Bei einem Exemplar massen die Dotterkerne am freien Ende jedes Schenkels 0,026, die kleinsten unter ihnen, dicht neben dem Eierstock, 0,018; die kleinsten Eikerne 0,01, die grössten derselben 0,014. Die Eikerne machten an lebenden und vielfach auch an mit Osmium getöteten Tieren den Eindruck, als ob sie in einer continuierlichen protoplasmatischen Grundsubstanz lägen. Zwischen den grösseren Eikernen habe ich jedoch öfters zarte Streifen, die Zellgrenzen ähnlich sahen, bemerkt, und nehme ich daher an, dass, wie bei Hydatina, sich um diese das Protoplasma schon zu distincten Keimzellen gesondert hat. Die eben angelegten Eier schliessen unmittelbar an die grössten dieser Keimzellen an und lassen aus der Gleichartigkeit ihrer Keimbläschen mit den Kernen jener unzweifelhaft erkennen, dass sie aus denselben hervorgegangen sind. Das Wachstum der jungen Eier findet, wie schon öfters angegeben wurde, dadurch statt, dass sich dieselben eng an den Dotterstock anlegen und diesem durch Diffusion das Deutoplasma entziehen. Haben die so gebildeten Sommereier eine bestimmte Grösse erreicht, so lösen sie sich vom Keim- und Dotterstock ab und fallen in den dünnhäutigen Uterussack, indem sie bei Aspl. periodonta,

Brightwelli, Sieboldii und Ebbesbornii ihre ganze Entwicklung durchmachen, während sie bei Aspl. myrmeleo bald darauf abgelegt werden. Die Uteruswandung, welche zum Unterschiede von andern Rotatorien sich nur an den Keimstock anlegt, dagegen den dottererzeugenden Abschnitt nicht umhüllt, ist sehr contractil, da sie ein dichtes Netzwerk zarter Muskeln besitzt, die ihr im contrahierten Zustande ein zerknittertes Aussehen geben. Ausserdem erkennt man von Stelle zu Stelle einen bläschenförmigen Kern mit kleinem Nucleolus. — Eine ganz ähnliche Beschaffenheit zeigt die Wand der contractilen Blase (Fig. 34), nur bilden hier die Muskelfasern weniger dichte Maschen. Diese sich vielfach verzweigenden contractilen Elemente sind die Ausläufer einer Anzahl sternförmiger Zellen von verschiedener Grösse (*mu.*) Der Wassergefässkanal jeder Seite mündet mit einer scharf umschriebenen runden Öffnung (x) in die Blase, lässt sich aber über diesen Punkt hinaus noch eine Strecke in der Blasenwandung verfolgen; von jener Stelle laufen nämlich, ähnlich wie bei Hydatina, 2 zarte parallele Stränge aus, deren Abstand von einander der Weite des Excretionskanales entspricht. Sie lösen sich schliesslich in eine grosse Zahl feiner Fasern auf.

Hinsichtlich der Beschaffenheit der Wintereier von Aspl. myrmeleo stimmen meine Beobachtungen nicht ganz mit denen Leydigs überein, so dass hier wahrscheinlich ein variables Verhalten vorliegt. Als ich eine Anzahl von Tieren in einem Uhrschälchen einen Tag gehalten hatte, waren kugelrunde Eier von ungefähr 0,234 Durchmesser abgesetzt worden, deren dünne Schale einen dichten Besatz sehr kleiner steifer Borsten aufwies. Um manche derselben befand sich auserdem eine zarte, unregelmässig gefaltete und stellenweise abstehende Membran. Aus diesen Eiern krochen bis zum folgenden Tage nur weibliche Tiere aus. Dieselben müssen daher Sommereier gewesen sein. Ihr dunkler Dotter war reich an Fetttropfen. Ausserdem beobachtete ich Eier, die etwas grösser, aber auch rund waren, und deren dicke gelbbraune Schale eine rauhe Oberfläche zeigte. Sie entwickelten sich nicht im Laufe der nächsten Woche, und halte ich diese daher für Wintereier, obwohl Leydig denselben eine stark borstige Schale zuschreibt.

Das Nervensystem der Aspl. myrmeleo besteht aus einem grossen Gehirn, welches einen Augenfleck ohne Linse trägt und von seinem Hinterrande 2 Nervenstränge an die dorsalen Taster sendet, die bei allen Asplanchnen paarig vorhanden und auffallend weit nach hinten verlagert sind. Sie sind stets durch einen unter

der Haut verlaufenden queren Nerven (Fig. 35*b*) mit einander verbunden. Jeder der Dorsalnerven (*c*) zeigt in seiner hinteren Hälfte eine Zusammensetzung aus 2 Strängen, die weiter nach vorn mit einander zu verschmelzen scheinen. Sie erweitern sich unterhalb des eigentlichen Tastbüschels zu einem ovalen Ganglion und zeigen hier jeder kurz hinter einander 2 ovale Kerne. Drei ähnliche Nuclei verteilen sich in gleichen Abständen auf den Querstrang. Eine eigentümliche Asymmetrie zeigt der rechte Dorsalnerv vieler Individuen, indem vom Grunde der gangliösen Anschwellung desselben ein Nervenfaden (*a*) abgeht, schräg auf den Verbindungsstrang der beiden Taster zuläuft und mit diesem verschmilzt. Am linken Dorsalnerv habe ich diesen Seitenzweig nie gefunden und bei manchen Exemplaren fehlte er überhaupt gänzlich. War er vorhanden, so zeigte er stets gleich nach seiner Abspaltung eine längliche Anschwellung mit Kern. Aus der Anwesenheit einer queren Commissur und dem individuellen Auftreten dieses schrägen Nerven kann man schliessen, dass ursprünglich nur ein unpaarer dorsaler Taster, wie bei der Mehrzahl der übrigen Rotatorien, vorhanden gewesen ist. — Vom Gehirn gehen ausser diesen beiden nach hinten laufenden Nerven noch eine Anzahl Fäden ab, die sich in den beiden Kopfkegeln ausbreiten und sicherlich die daselbst befindlichen Sinnesbüschel versorgen. Wenigstens finden sich unterhalb derselben gangliöse Anschwellungen, und hat ausserdem Leydig bei Aspl. Sieboldii den Zusammenhang dieser Ganglien mit dem Gehirn beobachten können. Die zwei lateralen Taster stehen hingegen, wie ich bestimmt versichern kann, nicht mit dem Centralorgan in Verbindung, so unwahrscheinlich dieses Verhalten a priori auch erscheinen mag. Die betreffenden Sinnesorgane stehen jederseits am Körper dort, wo dessen hinteres Viertel beginnt (Fig. 31, 33. *l. t.*) und sind wegen ihrer grossen Zartheit nicht immer leicht wahzunehmen. Die Lateralnerven schwellen unterhalb des Tasters zu einem langgestreckten Ganglion an, biegen dann unter einem stumpfen Winkel nach innen um und schmiegen sich nun als sehr zarte Stränge jederseits einem Muskel (*mu*) an, der schräg nach vorn und innen läuft und dabei dicht über die vordere Verknäuelung des Wassergefässes hinwegzieht. Muskel und Nerv legen sich so eng an einander, dass man nur an günstigen Zerzupfungspraeparaten sich davon überzeugen kann, dass beide nicht mit einander verschmelzen, sondern nur bis zum Excretionssystem neben einander laufen; hier angelangt, trennen sich beide, und der Nerv löst sich, wie ich gesehen zu haben glaube,

in sehr feine, den Wassergefässknäuel versorgende Fasern auf. Um die Cuticularöffnung herum, aus der die starren Wimpern des Tasters treten, pflegt die Hypodermis einen Hof kleiner Körnchen zu bilden. Das Ganglion selbst endet, wie gewöhnlich, mit einem scharf umschriebenen Ringe dicht unterhalb jener Öffnung. Die zarten radienartigen Streifen, welche von jenem Ringe aus zu letzterer hinziehen, sind wahrscheinlich die Basen der den Sinnesbüschel bildenden Härchen. Bekanntlich zeigt das Gehirn mancher Notommataarten die Eigentümlichkeit, dass sich der hinterste Teil desselben durch eine ringförmige Einschnürung von dem eigentlichen Centralorgan des Nervensystems absetzt und mit einer grossen Zahl kleiner Kalkkörperchen erfüllt ist. Dieser Kalkbeutel pflegt nach vorn an den roten Augenfleck zu stossen. Bei Aspl. myrmeleo besitzen manche Individuen ganz ähnliche Anhäufungen anorganischer Körnchen, und zwar umhüllen dieselben das Auge öfters so dicht, dass man dessen rotes Pigment erst dann wahrnimmt, wenn sie durch Säuren entfernt worden sind. Schon Leydig ist das individuelle Vorkommen dieser Gebilde aufgefallen. Ich habe sie nur bei ganz jungen Tieren wahrgenommen, — welche übrigens meist derselben entbehren —, und vermute, dass sie von dem Tiere selbst einige Zeit nach der Geburt wieder aufgelöst werden. Ich schliesse dies daraus, dass eins jener Tiere, dessen Augenfleck vollkommen verdeckt war und das jederseits desselben noch einen grossen Haufen dieser Körperchen besass, nur noch geringe Spuren derselben aufwies, als es einen Tag lang in einem Gläschen gehalten worden war. Ein anderes Exemplar zeigte dieselben Kügelchen auch um die seitlichen Augenflecke herum.

Über die Histologie der Muskulatur, die aus längs, quer und schräg verlaufenden Bändern besteht, kann ich leider nur unvollkommene Mitteilungen machen, obwohl gerade auf diesem Gebiete noch manches Interessante zu finden sein wird. Die 4 grossen platten Längsbänder, welche den Körper durchziehen, besitzen nur je einen einzigen ovalen Kern. Sie gewähren bei verschiedenen Individuen einen ganz verschiedenen Anblick. Manche zeigen an jeder Seite des Bandes einen schmalen Saum von homogener, contractiler Substanz, während das ganze Innere von Protoplasma erfüllt ist, das bei frischen Exemplaren meist feinkörnig, bei schlecht genährten dagegen grobkörnig und vacuolisiert erscheint. Bei anderen Tieren haben diese Längsmuskeln eine Sonderung in mehrere, neben einander liegende Fasern erfahren, indem im Protoplasma Streifen contractiler Substanz sich parallel zu einander differenziert

haben. Dieser Process kann den Muskel in seiner ganzen Länge ergriffen haben, oder er erstreckt sich nur auf den vordersten Teil desselben, und der hintere zeigt dann noch die ursprüngliche Beschaffenheit. Diese eigenartigen Vorgänge, welche zur Bildung eines Muskelbündels führen, ohne dass der eine Zellkern sich dabei vermehrt hätte, verdienen noch genauer untersucht zu werden; ich kenne sie von A. Brightwelli und myrmeleo. Sie werden sich aber ohne Zweifel auch bei andern Arten beobachten lassen. Bei Aspl. myrmeleo ist auch die Quermuskulatur entwickelt. Sie besteht einmal aus 6—8 Bändern (Fig. 36), die in der Halsgegend so dicht neben einander laufen, „dass ein wahrer Muskelkragen gebildet wird" (Leydig), und dann aus 6 andern Quermuskeln, die in regelmässigen Intervallen von einer Seite der Rückenfläche zur andern laufen und dabei von Stelle zu Stelle an der Hypodermis befestigt sind. Sie setzen sich auch auf die Bauchseite fort. Die Bänder des Muskelkragens anastomosieren da und dort mit einander. Sie bilden nicht einen den ganzen Körper continuierlich umspannenden Ring, sondern sind in der dorsalen Medianlinie unterbrochen. Sie werden ausgeschieden vom Protoplasma der Hypodermis, das zwischen je zwei Muskelstreifen (*mu*) als feinkörniger, in geringen Zwischenräumen oval sich erweiternder Strang (*s*) zu erkennen ist. In manchen solcher Anschwellungen liegen ovale Kernbläschen mit Nucleolus.

Das Bindegewebe besteht bei allen Asplanchnen aus einem System zahlreicher, dünner Fäden, welche die einzelnen Organe unter einander und mit der Hypodermis verbinden. Wo mehrere solcher Fäden auf einander treffen, finden sich meist sternförmige Zellen, die bei Aspl. priodonta deutliche amöboide Bewegungen verrieten.

Über die Haut ist nur Weniges zu sagen. Unter der dünnen glashellen Cuticula liegt eine dünne Schicht von Protoplasma (Fig. 31, *m*. Fig. 37), die Hypodermis; und in diese sind da und dort runde oder ovale bläschenförmige Kerne eingestreut, die im Innern zarte Fäden und einen darin aufgehängten Nucleolus erkennen lassen. Um die Kerne herum pflegt das Protoplasma etwas dichtkörniger zu werden. Die Kernmembran lässt zwar eine Anzahl Punkte und Körner unterscheiden, aber nur selten waren diese so zahlreich und lagen so dicht neben einander, dass dieselbe dadurch ein poröses Aussehen erhielt (Fig. 37, 1). Ab und zu traf ich Kerne, die in Teilung begriffen waren. Sie zeigten eine Biskuit-Gestalt, waren aber im übrigen unverändert. Die

Vermehrung derselben erfolgt demnach wahrscheinlich durch eine einfache Durchschnürung. Bei der wunderschönen Durchsichtigkeit und Klarheit der Asplanchnen gelingt es schon mit starken Trockensystemen sich davon zu überzeugen, dass das Protoplasma ein dichtes, schwammartiges Netzwerk darstellt, das vornehmlich in den Knotenpunkten der einzelnen Maschen Körnchen aufweist. Es breitet sich in gleichmässiger Beschaffenheit unter der Cuticula des ganzen Tieres aus und lässt keine Spur einer Sonderung in Zellen erkennen. Dies gilt auch für die polsterförmigen Verdickungen der Hypodermis des Kopfes, in die hinein sich die locomotorischen Wimpern eine Strecke weit fortsetzen. — Die Klebdrüsen der Aspl. myrmeleo zeigen das typische Verhalten: zwei längliche an der Zehenspitze ausmündende, dünnhäutige und structurlose Säcke (Fig. 31. *k*) umschliessen eine zusammenhängende Protoplasmamasse mit eingestreuten Kernen.

Von den bis jetzt noch nicht bekannten Männchen ist mir nur ein mal ein halbtotes Tier zu Gesicht gekommen, das hinsichtlich der äusseren Gestalt so gut wie nichts erkennen liess. Der Hoden war dicht gefüllt mit runden Zellen, halbreifen Spermatozoen und jenen schmal-spindelförmigen unbeweglichen Körpern, die auch bei allen andern Männchen beobachtet sind. Ein Teil derselben flottierte frei umher, andere aber sassen mit ihrer Mitte den runden Zellen an, von denen sie daher offenbar gebildet werden.

Was im Vorhergehenden von dem Weibchen der A. myrmeleo gesagt wurde, gilt im wesentlichen auch für die beiden andern, von mir untersuchten Arten Aspl. Brightwelli und priodonta. Der Geschlechtsapparat der zuletzt genannten Species (Fig. 38) weicht jedoch bedeutend ab. Er bildet einen verhältnismässig sehr kleinen runden oder ovalen Sack, an dessen einem, der Lage nach im Körper des Tieres wechselnden Pole der Eierstock (*k. s*) in Gestalt eines kleinen Haufens von runden Keimzellen dem viel grösseren Dotterstock (*d. s*) ansitzt. — Die 4 Zitterorgane zeigten (ob immer?) je einen zarten von ihrer Wandung ausgehenden Bindegewebsfaden, der sie mit der Hypodermis verband. — Aus dem Umstande, dass bis jetzt nur wenige Beobachter die Asplanchnen gefunden haben, könnte man schliessen, dass dieselben in ihrer Verbreitung beschränkt und selten wären. Da mir jedoch schon nach wenigen Excursionen (in Bonn und bei Bremen)

3 verschiedene Arten in die Hände gefallen sind, vermute ich, dass die Tiere nur in Folge ihrer Durchsichtigkeit, die namentlich bei A. priodonta einen hohen Grad erreicht, sich den Blicken der meisten Forscher entzogen haben.

II. Allgemeiner Teil.

Allgemeine, die ganze Klasse der Rotatorien umfassende Darstellungen sind nach Ehrenberg und Dujardin von Leydig, Bartsch, Eyferth und Eckstein gegeben worden, wenn wir von der grossen Zahl der Forscher absehen, die ihren Schilderungen keine eigenen Untersuchungen zu Grunde gelegt haben. Das Werk von Bartsch (7, 8) stand mir nicht zur Verfügung. Dasjenige von Eyferth lehnt sich in seinem allgemeinen Abschnitte fast genau an die klassische Arbeit Leydig's, die auch nach der im vorigen Jahre erschienenen Publication Eckstein's ihre grundlegende Bedeutung nicht verloren hat. Beide Abhandlungen ergänzen sich vielmehr in vielen Punkten, und dieselben im Anschluss an die im speciellen Teile niedergelegten Beobachtungen zu erweitern, sowie die allgemeinen Ergebnisse der letzteren zusammenzufassen, wird die Aufgabe des zweiten Teiles der vorliegenden Untersuchung bilden. Ich werde dabei zunächst nur die weiblichen Tiere vergleichend betrachten und ausdrücklich hervorheben, wenn die geschilderten Thatsachen auch für die Männchen Geltung haben. Letztere sollen dann in einem besonderen Kapitel eingehend berücksichtigt werden.

1. Äussere Haut und Gestalt.

Der Körper der Rotatorien wird von einer Haut begrenzt, welche eine doppelte Zusammensetzung zeigt. Sie wird nach aussen von einer bald überall gleichmässig weichen, bald teilweise panzerartig erhärteten Cuticula gebildet, der innen die Hypodermis anliegt, welche erstere erzeugt hat. Die Hypodermis stellt eine nicht in Zellen gesonderte Protoplasmaschicht dar, welche für gewöhnlich bei den erwachsenen Tieren sehr dünn ist und bei günstigen Objecten (Asplanchna) deutlich eine schwammige Structur erkennen lässt. In dieselbe eingestreut finden sich in ziemlichen

Abständen von einander bläschenförmige Kerne mit Nucleolus, um welche herum die kleinen Granula des Protoplasma sich hofartig anzuordnen pflegen. Die Form eines Syncytiums bewahrt die Hypodermis auch dann, wenn sie eine grössere Dicke annimmt, wie dies allgemein im Kopfe stattfindet. Sie bildet hier zahlreiche Polster, in deren Inneres sich die Wimpern des Räderapparates durch feine Poren der Cuticula hindurch eine Strecke weit fortsetzen. In anderen Körperregionen kommen solche verdickte Partieen der Hypodermis nur vereinzelt vor. So im Fuss von Conochilus Volvox und der jungen, noch frei umherschwimmenden Lacinularia socialis. Bei jugendlichen Tieren ist überhaupt allgemein die Dicke der Hypodermis beträchtlicher als bei älteren, und erst in Folge der Dehnung, welche das Wachstum auf sie ausübt, wird dieselbe dünner und kann unter Umständen so zart werden, dass sie nur noch sehr schwer zu erkennen ist. Dass dieselbe aber jemals gänzlich schwindet, möchte ich sehr bezweifeln und in der diesbezüglichen Angabe, die CLAUS über Seison gemacht hat (23), eher einen Irrtum vermuten. Auch bei männlichen Rotatorien ist die Dicke der Hypodermis relativ beträchtlich, und dies sowie der Umstand, dass dieselbe dabei dicht mit Körnchen und Fetttröpfchen durchsetzt zu sein pflegt, macht die Untersuchung dieser Tierchen so mühsam. Während des Wachstums finden, wie schon ECKSTEIN richtig geschlossen hat, niemals Häutungen statt. Nur Apodoides stygius Joseph (96) macht hiervon eine Ausnahme. Ich habe viele Rotatorien, namentlich Hydatinen, während ihres ganzen Lebens isoliert beobachtet, aber nie eine Spur einer abgeworfenen Haut bemerkt. — Bekanntlich erhärtet die Cuticula vieler Rotatorien mit Ausnahme des Kopf- und, wenn dieser vorhanden, des Schwanzabschnittes zu einem sehr verschieden geformten „Panzer“. Es verdient jedoch hervorgehoben zu werden, dass derselbe in seinem Vorkommen nicht auf die Abteilung der Loricaten beschränkt ist, sondern sich auch in anderen Familien Anfänge einer solchen Bildung beobachten lassen (z. B. bei Notommata lacinulata, Diurella-Arten). Dass der Panzer der Loricaten eine einfache Differenzierung der gewöhnlich weichen Cuticula ist, geht auch daraus hervor, dass die sämtlichen Männchen dieser Gruppe, soweit sie bis jetzt bekannt sind, noch desselben entbehren, was ganz im Einklange mit ihrer übrigen primitiven Organisation steht. Nur die Männchen der Euchlaniden machen hiervon eine Ausnahme. Während allgemein der Halsabschnitt der Loricaten weichhäutig ge-

blieben ist, so dass der Kopf mit dem Räderapparat in den Panzer zurückgezogen wird, wenn das Tier sich beunruhigt fühlt, ist bei Dinocharis auch der Hals panzerartig erhärtet und vermag nur ein wenig in den eigentlichen Panzer eingestülpt zu werden. In welcher Weise jedoch auch hier das Wimperorgan geschützt werden kann, ist im speciellen Teile auseinandergesetzt worden. Der Panzer bewirkt bei einigen Rotatorien eine Änderung in der Lage der Organe. Während die Kloake in der Regel dorsal ausmündet, befindet sich die Öffnung derselben bei Pterodina, Dinocharis, Anuräen auf der Ventralseite, ein Verhalten, das sich ausserdem nur noch bei Apsilus findet. Wenn der Panzer sehr flach gebaut ist, kommt der Geschlechtsapparat, wenn auch in der Regel nur vorübergehend im stark entwickelten Zustande ganz oder teilweise neben den Darm anstatt ventral von demselben zu liegen (Euchlanis, Metopidia). Bei diesen beiden Gattungen und bei Pterodina modificiert die Form des Panzers häufig auch die Beschaffenheit der Hypodermis in eigentümlicher Weise: in dem spitzen Winkel, in dem Bauch- und Rückenplatte mit einander zusammenstossen, verschmelzen die beiden Matrixlagen und springen, unter Bildung zahlreicher kleiner Vacuolen, unregelmässig wellenförmig gegen die Leibeshöhle vor. Die Cuticula selbst wird aber dadurch nicht beeinflusst.

Unter den Matrixverdickungen des Kopfes zeichnet sich diejenige, welche in der dorsalen Medianlinie liegt, bei Euchlanis, Stephanoceros, Notommata centrura und wahrscheinlich noch anderen Specien durch besondere Grösse und eigenartige Structur aus. Sie legt sich als ein grosser, am Hinterrande häufig herzförmig ausgeschnittener Sack nach hinten über das Gehirn und endet vorn in der Höhe und in der Art der übrigen Matrixverdickungen des Kopfes unter der Cuticula, ohne hier, wie mehrfach vermutet worden ist, sich nach aussen zu öffnen. Dass wir es hier nur mit einem besonders differenzierten Polster der Hypodermis zu thun haben, geht unzweifelhaft aus der Lage des Kopfsackes und der Beschaffenheit seiner Kerne hervor. Schon Leydig erkannte, dass das Protoplasma desselben so stark vacuolisiert ist, dass es mit Ausnahme des hinteren Randes aus einer Unzahl kleiner Bläschen zusammengesetzt erscheint. Über die Function dieses Gebildes vermag ich nichts anzugeben; nur das ist sicher, dass diejenigen Autoren, welche dasselbe in Verbindung mit dem Gehirn bringen, im Irrtum sind; beide Organe

stehen in keinem morphologischen oder functionellen Zusammenhange.

Bei Monocerca, Diurella, Hertwigia und wahrscheinlich auch bei Ascomorpha saltans findet sich an der Stirn, noch innerhalb des Räderapparates, ein kurzer schmaler Zapfen, der bei der erstgenannten Gattung von Ehrenberg fälschlich als Respirationsröhre, von Eyferth als dorsaler Taster gedeutet worden ist. Er bildet eine einfache Hautausstülpung, die hin und her, wenn auch vielleicht nur passiv, bewegt wird. Da sie an ihrer Oberfläche völlig nackt ist, halte ich sie nicht für einen Sinnesapparat. Die Lage dieses Stirnzapfens entspricht genau der mächtigen, rüsselförmigen Verlängerung, welche die Philodinäen vor dem Räderapparate besitzen, und die sie bei ihrer spannerraupenartigen Bewegungsweise benutzen. Vermutungsweise habe ich im speciellen Teile beide Organe für homolog erklärt, um die im Verhältnis zu andern Rotatorien ganz abweichende Körpergestalt jener Gruppe verständlicher zu machen.

2. Das Räderorgan.

Dass der locomotorische Cilienapparat der Rotatorien vielfach eine Zusammensetzung aus zwei Wimpersäumen erkennen lässt, ist schon von Huxley, Leydig und manchen andern Forschern hervorgehoben worden, und zwar kehrt diese Gleichförmigkeit im Bau des Räderorganes bei Specien wieder, die hinsichtlich ihrer systematischen Stellung so entfernt von einander stehen, dass man sie als eine durch Vererbung auf die verschiedenartigsten Genera übertragene primitive Einrichtung zu deuten hat. In typischer Ausbildung findet sich ein solcher doppelter Wimpersaum bei allen Melicerten, dann bei den Philodina-, Rotifer- und Actinurus-Arten und endlich bei Pterodina und Pompholyx. Der innere und vordere Cilienkranz, welcher nach Cubitt (32) als „Trochus“ bezeichnet werden soll, besitzt grössere Wimpern als das äussere und hintere „Cingulum“ und zieht an der Ventralseite entweder continuierlich an der Mundöffnung vorüber, ohne sich an der Flimmerung derselben zu beteiligen (Melicerten, Pterodina, Pompholyx) oder besitzt in der Mitte der Bauchfläche überhaupt keine Cilien (Philodinäen). Der untere schmächtigere Wimperkranz tritt dagegen stets in den Mundtrichter über. Auch er ist bei den Philodinäen und den beiden schon genannten Loricaten dorsalwärts in der Medianlinie unterbrochen. — Diejenigen Formen, welche einen doppelten Wimpersaum in dieser typischen

Ausbildung besitzen, zeigen auch in anderer Hinsicht Organisationsverhältnisse, welche als primitive angesehen werden müssen. Für die Erkenntnis der Urform, von der aus sich alle Rotatorien phylogenetisch entwickelt haben, ist es von grösster Wichtigkeit, dass alle bis jetzt bekannten männlichen Tiere — mit Ausnahme von nur zwei einander nahverwandten Arten — bei noch so grosser Verschiedenheit der Weibchen eine frappante Gleichförmigkeit in der äusseren Gestalt wie in der Organisation offenbaren. Sie alle zeigen einen walzenförmigen Körper, dessen hinteres verjüngtes Ende (soweit sich daselbst nicht schon Zehen gebildet haben), mit einem starken Flimmerbusch versehen ist, Eigenschaften, die man ohne Bedenken auch dem Archirotator zuschreiben darf. Ein solcher terminaler Wimperschopf findet sich nun ebenfalls bei den Melicerten und bei Pterodina; bei ersteren nur vorübergehend, so lange sie frei umherschwimmen, bei letzterer dagegen zeitlebens. — Andere primitive Verhältnisse haben sich in dem Wassergefässsystem der genannten Tiere erhalten. Wie später gezeigt werden soll, sprechen eine Reihe anatomischer Befunde dafür, dass die contractile Blase erst allmählich aus der Verschmelzung der beiden Gefässstämme entstanden ist. Die Ansicht, dass der Wimperapparat der Rotatorien ursprünglich aus zwei Cilienkränzen bestanden hat, erhält nun eine weitere Stütze dadurch, dass die in Rede stehenden Specien Excretionskanäle besitzen, die noch nicht mit einander zu jener basalen Erweiterung verschmolzen sind. Bei Lacinularia, Tubicolaria, Pterodina ist es überhaupt noch nicht zur Bildung einer contractilen Blase gekommen, während die Philodinäen und Conochilus, welche Gattung vielfach auch zu den Melicerten gerechnet wird, einen Teil der Kloake zu einem analogen Organ differenziert haben.

Die Umbildung der beiden primitiven Wimpersäume erfolgte bei den übrigen Specien nach zwei Richtungen hin, je nachdem der praeorale innere oder der postorale äussere Cilienkranz der mächtigere wurde und besondere Differenzierungen einging. Eine grosse Zahl der kleineren Rotatorien ist bis jetzt noch nicht auf den feineren Bau des Räderapparates hin untersucht worden, weil die jetzigen optischen Hülfsmittel dazu nicht ausreichen. Wenn wir von diesen absehen und uns nur an die genauer bekannten grösseren Formen der Klasse halten, kommen wir zu dem Schlusse, dass das Praedominieren des Cingulum ein seltener Fall ist, der nur bei den Flosculariden sich findet. Die zu dieser Gruppe gehörigen Genera Floscularia und Stephanoceros weichen in der Art,

wie sich der äussere Kranz entwickelt hat, ausserordentlich von einander ab. Beiden aber ist die Lagerung der Mundöffnung am Vorderende der Körperlängsachse gemeinsam, die notwendig eintreten musste, sowie der postorale Wimperkranz kelchförmig emporwuchs und der praeorale auf einen kleinen Kranz im Grunde des Trichters reduciert wurde. Dass bei der weitaus grössten Zahl der Rotatorien es der Trochus ist, dessen Cilien an Stärke und Grösse die des äusseren Kranzes übertreffen, ist um so leichter begreiflich, als dasselbe Verhältnis in geringem Masse schon bei den Arten sich findet, welche die oben beschriebene primitive Form des Räderapparates jetzt noch zeigen. Es ist für die Umbildungen des Trochus charakteristisch, dass seine Cilien das Bestreben haben, sich zu Griffeln zu differenzieren, die mit verdickter und etwas abgesetzter Basis in der Cuticula eingelenkt sind und dabei einen Teil ihrer ursprünglichen Beweglichkeit verloren haben. Während die äusseren Wimpern continuierlich in Thätigkeit sind und hakenförmige Bewegungen ausführen, ruhen diese an die Griffel der hypotrichen Infusorien erinnernden Borsten oft längere Zeit. Bei ihren Bewegungen krümmen und strecken sie sich nicht abwechselnd wie die Cilien des Cingulum, sondern beugen sich in ganzer Länge starr um ihre Basis. Zwischen den gewöhnlichen Cilien und diesen Borsten besteht jedoch keine scharfe Grenze, sondern meistens weist schon dasselbe Tier (z. B. ein Brachionus) alle Übergänge zwischen beiden Formen auf. — In der Abteilung der Hydatinäen ist der Doppelsaum leicht erkennbar bei Hydatina und Microcodon, weniger deutlich bei Synchaeta, während bei der grossen Schar der Notommaten und Verwandten keine Spur des ursprünglichen Befundes mehr wahrzunehmen ist. Namentlich bei Microcodon finden wir sehr einfache Verhältnisse, die schon Grenacher gebührend hervorgehoben hat: einen dorsal- und ventralwärts in der Mitte unterbrochenen einfachen Trochus starker Borsten, der nach aussen von einem Kranz langer Cilien umzogen wird. Bei Hydatina ist der dorsale Rand des Trochus in einzelne Polster aufgelöst, und nach innen von demselben sind zwei weitere Reihen sehr kleiner Cilien entstanden. In zwei ähnliche borstentragende Polster läuft der Trochus von Synchaeta aus; jedoch darf man sich bei dieser Gattung nicht verhehlen, dass die Zurückführung des Räderapparates auf die hypothetische Ausgangsform manchen Schwierigkeiten begegnet und so lange problematisch bleiben muss, als die Wimperohren sich nicht von derselben ableiten lassen. Unter den Loricaten zeigen die Euchla-

niden und namentlich die Brachionen (Brachionus, Anuraea, Noteus) den doppelten Wimpersaum in unverkennbarer Ausbildung. Das Cingulum besteht aus langen und dünnen Cilien; der Trochus ist bei der zuletzt genannten Gruppe in einen dorsalen und zwei seitliche Lappen gesondert, auf deren Gipfel die stärksten Borsten sitzen, während sie in den Zwischenbuchten feiner werden. Wie bei Hydatina finden sich ausserdem nach innen vom Trochus zahlreiche, winzige Cilien, die stets dann auftreten, wenn der innere Wimpersaum sich ebenso wie der äussere in den Mundtrichter fortsetzt.

Ich bin mir wohl bewusst, dass sich gegen den von mehreren Forschern schon früher angedeuteten und von mir näher durchgeführten Versuch, als Grundform des Räderapparates eine doppelte Wimperschnur nachzuweisen, manches vorbringen lässt. Wir kennen eine ganze Anzahl von Rotatorien, bei denen nur der äussere Kranz sich unverändert erhalten zu haben scheint, während alle übrigen Cilien auf der Stirnscheibe unregelmässig gruppiert sind; hierher gehören z. B. die Asplanchnen, bei denen jedoch Anklänge an die primitiven Verhältnisse noch insofern vorhanden sind, als das Cingulum dorsal- und ventralwärts, wie bei den Philodinäen unterbrochen ist. — Bei einigen anderen Rädertieren endlich erinnert der locomotorische Cilienapparat in nichts mehr an die Ausgangsform und ist dabei so einfach gebaut, dass man wohl auf den Gedanken kommen kann, auf diese Form der Kopfbewimperung alle übrigen Modificationen zurückzuführen. Bei Calidina, Notommata tardigrada und aurita findet sich eine ventral am Kopf gelegene und dicht mit kleinen Cilien besetzte Platte, die sich noch hinter der Mundöffnung eine Strecke weit ausdehnt. Metschnikow (116) sieht in dieser Anordnung „einen schlagenden Beweis“ für die nahe Verwandtschaft der Rotatorien mit den Gastrotrichen. Ohne der Richtigkeit dieses Schlusses entgegentreten zu wollen, glaube ich dennoch nicht, dass man in dieser Wimperplatte die ursprüngliche Form des Räderapparates der Rotatorien erblicken darf, und zwar 1) weil die einseitige Lage der Cilien zur Längsachse des Körpers nur bei diesen wenigen Arten vorkommt, allen typischen Vertretern der Klasse dagegen fehlt, und 2) weil die beiden Notommaten ausser jener Flimmerscheibe noch 2 „Wimperohren“ besitzen. Da die letzteren aber sonst nur Rotatorien zukommen, die, wie Synchaeta, Not. centrura, copeus, collaris u. a., sich auf die doppeltgesäumte oder eine dieser wenigstens nahe stehende Form des Räderapparates zurückführen

lassen, halte ich es für allein richtig, anzunehmen, dass durch die kriechende Lebensweise das Organ jener beiden Specien stark reduciert und dadurch secundär den Ichthydinen ähnlich geworden sei. Die dritte der oben erwähnten Specien, Calidina, ist in jeder Hinsicht eine echte Philodinäe, deren Räderapparat sich, trotz des abweichenden Baues, auch ohne Schwierigkeit von dem jener Gruppe ableiten lässt.

3. Muskulatur.

Das Muskelsystem der Rotatorien ist noch von zu wenigen Arten genau bekannt, um eine vergleichende Schilderung desselben zu ermöglichen. Bei Conochilus Volvox habe ich mich davon überzeugt,' dass die Längsmuskeln in dem Grad ihrer Ausbildung individuell schwanken, zuweilen glatt, meist jedoch zart quergestreift sind. — Leydig und Eckstein erwähnen glatte, völlig homogene Muskeln. Solche habe ich nie finden können, sondern stets zeigten dieselben, bei genauerem Zusehen, feinkörniges centrales Protoplasma. Manchmal sind die Körnchen etwas grösser und so regelmässig hintereinander angeordnet, dass der Muskel den Eindruck eines quergestreiften macht. Die contractile Substanz wird entweder als eine centrale Achse abgeschieden, der das Protoplasma mit Kern aussen anliegt (z. B. bei den Längsmuskeln von Conochilus), oder die beiden Elemente haben eine umgekehrte Lage zu einander. Letzteres Verhalten scheint bei den glatten Muskeln der häufigere Fall zu sein. Bei Asplanchna, und, wie ich glaube, auch bei einigen Brachionen, habe ich beobachtet, dass innerhalb eines der grossen platten Längsmuskeln die contractile Substanz häufig mehrere einander parallele und durch etwas Protoplasma von einander getrennte Streifen bildet, wodurch die eine Muskelzelle, in ganzer Länge oder nur teilweise, zu einem Muskelbündel wird, ohne dass sich ihr Kern vervielfältigt hätte. — Die quergestreiften Muskeln von Pterodina und Euchlanis sind bei den einzelnen Individuen nicht immer gleich ausgebildet. Einige derselben lassen in der Mitte der einfach brechenden Teilchen noch eine deutliche, wenn auch sehr schmale Krause'sche Nebenscheibe von doppelt brechender Substanz erkennen, die den meisten noch fehlt. — Alle grösseren Muskeln der Rotatorien werden nach aussen von einer zarten structurlosen Membran umhüllt, die im contrahierten Zustande durch zahlreiche, am Rande wellenförmig vorspringende Ringfalten sich bemerklich machen kann. — Zwischen den Muskeln und den stärkeren Bindegewebssträngen

besteht ein ganz allmählicher Übergang. Häufig lässt sich an mittelstarken Protoplasmafäden keine Spur einer besonders angeordneten contractilen Substanz erkennen; sie wirken jedoch wie echte Muskeln und können daher mit demselben Rechte zu der einen, wie zu der anderen Gewebsform gerechnet werden. Derartige Elemente machen öfters leicht den Eindruck völlig homogener Fäden. — Nach Greeff und Möbius (71, 117) sollen Doyère'sche Hügel bei Rotatorien vorkommen. Dieselben scheinen nur eine beschränkte Verbreitung zu besitzen, da ich sie nur bei Synchaeta gefunden, an den grossen Längsmuskeln von Asplanchna aber vergebens gesucht habe; diese stehen nicht mit Nerven in Verbindung. Die Angabe Ecksteins, dass die grossen quergestreiften Muskeln von Pterodina „sich nicht contrahieren, sondern in Bogen legen", ist nicht ganz richtig. Sie ziehen sich in der gewöhnlichen Weise zusammen, müssen aber natürlich, wenn der Kopf eingezogen wird, zur Seite weichen, wie man dies bei den Schwanzmuskeln desselben Tieres und der nächsten Verwandten auch beobachten kann.

4. Das Nervensystem.

Das Nervensystem der Rotatorien besteht aus einem grossen, dorsal vom Schlunde gelegenen Centralorgan, dem Gehirn, das eine Zusammensetzung aus zwei deutlich von einander abgesetzten Ganglien nicht erkennen lässt. Von demselben gehen nach vorn eine Anzahl Nerven, welche sich im Räderapparate ausbreiten und, — wenn solche vorhanden —, die aus den Cilien desselben hervorgegangenen „Stirntaster" versorgen. Bei Hydatina laufen jederseits 3 Nervenstämme nach vorn, ohne dass es im Kopfe schon zur Differenzierung solcher Tastorgane gekommen wäre. Bei Asplanchna Sieboldii dagegen, dem zweiten Rotator, über dessen Cerebralnerven wir, durch Leydig, unterrichtet sind, scheinen dieselben in der Mehrzahl an Büschel von Sinneshaaren heranzutreten. Auch bei Synchaeta ist der Zusammenhang dieser Tastorgane mit dem Gehirn nachgewiesen worden. An gefärbten Tieren erkennt man, dass das Centralorgan von einer grossen Zahl überall gleichmässig verteilter runder Ganglienzellen mit grossen Kernen gebildet wird. Hinsichtlich der Lage sei noch bemerkt, dass es sich bei allen Rotatorien dorsal von Schlunde befindet, auch bei den Melicerten, bei denen es nach Cubitt die Ventralseite einnehmen soll. Für Melicerta hat Joliet (95) dies zuerst nachgewiesen. — Vom Hinterrande des Gehirns gehen zwei Nerven aus,

die meist nur von geringer Länge sind und schräg nach hinten und oben zur Cuticula des Nackens steigen. Sie versorgen hier einen Büschel von Sinneshaaren, der nach seiner Lage als „dorsaler Taster" bezeichnet werden kann und unter den Rotatorien eine ganz allgemeine Verbreitung besitzt; er fehlt, soweit mir bekannt ist, nur Conochilus volvox. Im einfachsten Falle treten beide Nerven an eine unpaare, scharf umschriebene Öffnung in der Cuticula, um unterhalb derselben sich ganglienartig zu erweitern. Auch pflegt die Hypodermis um diesen Punkt herum wallartig verdickt zu sein. Ein dorsaler Taster von dieser Beschaffenheit findet sich bei sehr vielen Weibchen und bei allen Männchen, soweit dieselben bis jetzt daraufhin untersucht worden sind. Bei einigen Rotatorien (Asplanchna, Hertwigia, Apsilus) hat sich der dorsale Taster geteilt und ist paarig geworden, ohne in seiner Form eine Änderung zu erfahren. Dass aber dies ein secundäres Verhalten ist, kann man daraus schliessen, dass bei dem vorangestellten Genus beide Taster durch einen Quernerv mit einander communicieren. Die beiden ersten Gattungen zeichnen sich ferner dadurch aus, dass die Taster weit nach hinten, fast in die Mitte des Körpers gerückt sind. — Das nächste Diffenzierungsstadium des dorsalen Tasters finden wir bei Lacinularia. Er wird hier von einer kleinen Papille gebildet, die durch eine mittlere Einkerbung in zwei Partieen gesondert ist, auf deren jeder ein Busch starrer Wimpern sitzt. Einen weiteren Ausbildungsgrad repraesentieren die Brachionen und Anuräen, deren dorsaler Taster die Gestalt eines kurzen Kegels angenommen hat, dessen terminale Wimpern durch besondere Muskeln ein wenig nach innen gestülpt werden können. Bei den Philodinäen endlich stellt das Organ den bekannten stabförmigen Tentakel dar, der schon den ersten Beobachtern dieser Tiere auffiel. — Ein anderes Paar von Sinnesbüscheln, das ebenfalls fast allen Rotatorien zukommt, ist histologisch dem besprochenen Organ sehr ähnlich, unterscheidet sich aber von demselben in einigen wesentlichen Punkten, weshalb es nicht, wie bis jetzt immer geschehen ist, mit dem dorsalen Taster homologisiert werden darf. Da diese Sinneswerkzeuge constant in den Seitenregionen der Tiere sich befinden, meist der Rücken-, zuweilen auch der Bauchfläche genähert, mögen sie als laterale Taster bezeichnet werden. Ehrenberg hat dieselben zuerst bei Not. copeus und centrura, Leydig bei Polyarthra, Grenacher bei Microcodon, Triarthra, Euchlanis und Brachioneen nachgewiesen. Im speciellen Teil habe ich auf eine Reihe an-

derer Specien aufmerksam gemacht, welche dieselben ebenfalls besitzen. Obwohl diese Organe bei manchen kleineren Formen noch nicht gesehen worden sind, werden sie doch ohne Zweifel vorhanden sein, da sie bei Repraesentanten aller einzelnen Familien vorkommen. Nur bei den Philodinäen und bei Conochilus volvox habe ich sie vergeblich gesucht. Dass die lateralen Taster von dem dorsalen scharf zu unterscheiden sind, folgt vornehmlich aus dem Umstande, dass sie nicht wie dieser mit dem Gehirn in Verbindung stehen. Schon Grenacher ist es bei Triarthra longiseta aufgefallen, dass die lateralen Nervenstränge „nicht gerade auf's Gehirn, sondern mehr nach vorn und unten“ ziehen. Bei Hydatina, Brachionus und Asplanchna habe ich mich auf das bestimmteste davon überzeugt, dass sie sich der Ventralseite nähern und nach vorn bis zu der vorderen Verknäuelung des Wassergefässes laufen, ohne mit dem Centralorgan zu communicieren. Bei Asplanchna schmiegen sie sich dabei äusserst dicht an einen Längsmuskel, mit dem sie jedoch nicht verschmelzen, während sie bei den beiden andern Gattungen frei durch die Körperhöhle ziehen und nur 1 oder mehrere Male durch zarte Stränge der Hypodermis angeheftet sind. In welcher Weise sie auslaufen, ob sie jene verschlungene Partie des Excretionsorganes inervieren oder sich an der Haut ausbreiten, vermag ich mit Sicherheit nicht anzugeben. Nach einer Beobachtung, die ich bei Asplanchna gemacht habe, ist das erstere sehr wahrscheinlich. Möglicher Weise findet sich auch im Kopfe ein Nervenplexus, der von den Ausläufern der Gehirnnerven gebildet wird, und mit dem sich die lateralen Stämme verbinden. In ihrer Lage schwanken die Seitentaster insofern, als sie bald weiter vorn, bald mehr hinten die Cuticula durchbrechen. Die meisten liegen ungefähr dort, wo das hintere Körperdrittel beginnt. Bei Polyarthra finden sie sich dagegen fast am Hinterrande des Körpers, bei Asplanchna und Hydatina in der Mitte und bei Lacinularia, Limnias, Melicerta, — bei der sie zu zwei langen Tentakeln ausgezogen sind (Moxon) — ungefähr in Schlundhöhe. In allen diesen Fällen stehen die lateralen Taster hinter dem dorsalen; nur bei Pterodina liegen alle 3 Sinnesorgane in gleicher Entfernung vom vorderen Körperpol. Wie beim dorsalen Taster schwillt der Lateralnerv an seinem Hinderende zu einem Ganglion an, das meist direct unter dem Sinnesbüschel sitzt; in einigen Fällen jedoch (Not. aurita, tardigrada, Pompholyx, Diurella) bildet der Nerv unter der Öffnung der Cuticula nur einen kleinen

Knopf, wird dann zu einem dünnen Faden und erweitert sich erst weiter vorn spindelförmig.

Einer dritten Gruppe von Tastapparaten, die histologisch mit den geschilderten Sinnesborsten die grösste Ähnlichkeit hat, wurde schon am Eingang dieses Kapitels gedacht. Es sind dies die „Stirntaster", welche im Umkreise des Räderapparates verbreitet sind und von Gehirnnerven versorgt werden, die an ihrer Basis eine gangliöse Anschwellung bilden. Dass dieselben sich aus ursprünglich locomotorischen Cilien differenziert haben, ergiebt sich einmal aus ihrer Stellung und dann aus dem Umstande, dass manche dieser für gewöhnlich starren Gebilde ab und zu, wenn das Tier stark beunruhigt wird, für einige Augenblicke lebhaft hin und her schlagen. Letzteres kann man z. B. an den langen, einzeln stehenden Tastcilien der Brachionen beobachten und an den dicken, am Ende fein zerschlitzten Griffeln, von denen sich ein Paar jederseits der Mundöffnung von Synchaeta pectinata befindet. Die meisten Stirntaster haben jedoch ihre Beweglichkeit völlig eingebüsst und stellen kurze cylindrische Fortsätze dar, deren Spitze einen Busch starrer Wimpern trägt. Zwei derselben besitzt Polyarthra und Conochilus, eine grössere Anzahl kommt den Asplanchnen zu.

Obwohl die im Vorhergehenden besprochenen Sinnesbüschel stets als Taster bezeichnet wurden, sind wir doch weit entfernt, etwas Sicheres über ihre Function zu wissen. Wenn dieselben, wie es bei den Rotifer- und einigen festsitzenden Arten der Fall ist, die Gestalt langer beweglicher Tentakeln angenommen haben, lässt sich eine solche Bezeichnung rechtfertigen, während andere, so namentlich die Stirntaster, mit demselben Rechte auch als Geruchs- oder Geschmacksorgane angesehen werden dürfen. Bei Synchaeta und Polyarthra weist der dorsale Rand der Mundöffnung eine grosse Zahl kleiner, an ihrer Spitze geknöpfter oder schwarz pigmentirter Stiftchen auf, denen man nach ihrer Stellung eine ähnliche Bedeutung zuschreiben kann.

Der unpaare oder paarige Augenfleck der Rotatorien liegt meist der Unterseite des Gehirns an. Er stellt entweder einen einfachen Pigmenthaufen dar oder besitzt ausserdem einen lichtbrechenden Körper. Die weissliche Substanz des letzteren findet sich im einfachsten Falle unregelmässig durch das ganze Auge verteilt und veranlasst auf einem nächst höheren Stadium die Bildung jener Linse dadurch, dass sich alle ihre Teilchen zu einer kugeligen Masse vereinigen. Dass die Entstehung der Linse so zu denken ist, geht daraus hervor, dass dieselbe öfters noch eine

Zusammensetzung aus mehreren Körnern erkennen lässt, und dass bei Euchlanis dilatata alle drei Befunde neben einander vorkommen: einfache Pigmentflecke; solche, die von einer weissen Substanz durchsetzt sind, und solche, bei denen eine distincte Linse sich gebildet hat. — Das Augenpigment hat gewöhnlich eine rote Farbe und erhält sich so zeitlebens. Bei einigen Tieren (Polyarthra, Synchaeta, Pompholyx) kommt jedoch ein eigentümlicher Farbenwechsel vor. Der anfangs schön rote Fleck nimmt mit zunehmendem Alter eine violette Färbung an; dieselbe tritt zuerst in den peripheren Teilen des Pigmentes auf, ergreift aber allmählich auch die inneren, bis schliesslich das ganze Pigment blauschwarz wird. Dieselbe Erscheinung wird sich auch wohl bei Microcodon wahrnehmen lassen, da die Augen dieser interessanten Form purpurviolett gefärbt sein sollen. — Am Grunde der langen, einzel stehenden Tastborsten, welche sich im Räderapparat vieler Rotatorien finden, hat Eckstein bei Not. aurita, Noteus quadricornis, Euchlanis und Brachionusspecien kleine Pigmentflecke beobachtet, die er für Nebenaugen ansieht. Obwohl ich dieselben vielfach mit Aufmerksamkeit gesucht habe, sind sie mir nie zu Gesichte gekommen, und muss ich daher ihr Vorkommen bezweifeln. Sie seien späteren Untersuchern besonders empfohlen.

Bei manchen Notommataarten findet sich im Gehirn eine schwarze, anorganische Körnermasse, die man nach dem Vorgange Ehrenbergs als Kalk ansieht. Sie sammelt sich mit Vorliebe im hintersten Abschnitt des Gehirns, und wenn sich dieser durch eine seichte Furche besonders absetzt, so kann es leicht den Anschein haben, als ob der Kalkbeutel ein vom Gehirn verschiedenes Organ sei, zumal der Augenfleck manchmal gerade dort liegt, wo beide Gehirnabschnitte in einander übergehen. Dies ist jedoch nicht der Fall. Die Kalkkörperchen finden sich im Gehirn, und auch ein besonderer Ausführgang des Kalkbeutels ist nicht vorhanden. Interessant ist es, dass bei Aspl. myrmeleo die eben ausgeschlüpften Tiere zuweilen im Gehirn eben solche Kalkmassen besitzen, dieselben aber später verlieren können. Über die Function dieser Gebilde lässt sich, wie bei so manchen Sinnesorganen der niederen Tiere, nichts Bestimmtes angeben. Vielleicht stellen sie eine Art Otolithenmasse dar. Die einzelnen Körnchen bewegen sich zwar nicht, doch würde dieser Umstand eine solche Deutung nicht hinfällig machen, da ja z. B. die Gehörkörper mancher Turbellarien ebenfalls unbeweglich sind und nicht mit Sinneshaaren in Berührung stehen. Bei den bis jetzt bekannten männlichen

Rotatorien sind diese problematischen Körnerhaufen noch nicht angetroffen worden.

5. Der Verdauungskanal.

Der Tractus intestinalis ist bei den Rotatorien besser als irgend ein anderes Organ bekannt, und mögen daher an dieser Stelle nur einige, wenig mit einander zusammenhängende Beobachtungen Platz finden. Der Schlund ist in der Regel bewimpert, in einigen Fällen jedoch nicht mit Flimmerzellen ausgekleidet. Letzteres ist z. B. der Fall bei Synchaeta, bei der die Nahrung durch eine Art peristaltischer Bewegungen in den Magen befördert wird, und bei Asplanchna, wo der Schlund eine stark entwickelte Längsmuskulatur aufweist. An der Übergangsstelle von Oesophagus und Magen finden sich häufig einige besonders lange Cilien. Bei Scaridium longicaudatum und Metopidia lepadella flimmert der Schlund ebenfalls nicht, sondern ist mit einer in sein Lumen hineinragenden Längsfalte versehen, an der wellenförmige Bewegungen von vorn nach hinten herablaufen. — In den Magendrüsen begegnen wir einer Syncytialbildung. Eine Öffnung, welche dauernd klafft, ist nicht vorhanden. Das feinkörnige Secret wird daher wahrscheinlich durch einen Spalt gepresst, dessen Ränder sich gleich nach dem Austritt wieder aneinanderlegen. — Die Flimmerung des Enddarms erstreckt sich nicht auf die Kloake; nur Rhinops vitrea macht hiervon eine Ausnahme und, — wenn man sich auf die Abbildung verlassen darf, welche BALBIANI (5) von Notommata Werneckii gegeben hat —, auch diese Species. Bei den Philodinäen und bei Conochilus volvox münden die Wassergefässe direct in die Kloake, deren einer Abschnitt die Function der contractilen Blase übernommen hat und sich in rhythmischem Wechsel zusammenzieht und ausdehnt. — Im Enddarm mancher, eben ausgeschlüpfter Weibchen findet sich eine schwarze, körnige Masse von derselben Beschaffenheit, wie sie oben vom Gehirn geschildert wurde. Schon EHRENBERG kannte diese Gebilde bei den Jugendformen einiger festsitzender Specien, bei denen sie auch LEYDIG wiederfand und zugleich ihre Lage im Enddarm constatierte. Von METSCHNIKOW sind dieselben sodann für Apsilus, von ZACHARIAS für eine Philodinaart und in dieser Abhandlung für Brachionus amphiceros und bidens nachgewiesen worden. In allen diesen Fällen lässt sich der Ballen von Kalkkörnchen schon einige Zeit vor dem Auskriechen der Embryonen beobachten. Haben dieselben die Eihüllen verlassen, so führen sie diese Massen noch

eine kurze Zeit mit sich herum und stossen sie dann durch den After nach aussen. Bei einer Species persistieren die Körnerhaufen zeitlebens, wie wir durch BALBIANI erfahren haben. Bei der im Innern von Vaucheriaschläuchen lebenden Not. Werneckii findet man im Enddarm einen grossen Klumpen derselben Substanz, von der zwar von Zeit zu Zeit einige Teilchen durch den After entleert, aber in gleichem oder noch grösserem Masse durch Neubildung wieder ersetzt werden. Dieser Vorgang bietet uns den Schlüssel zum Verständnis jener Gebilde. Dieselben dürfen nicht, wie LEYDIG will, als „Harnconcremente", die von einer noch nie beobachteten „Primordialniere" ausgeschieden sein sollen, angesehen werden, sondern sind einfache Faecalien, unverdaute anorganische Nahrungsbestandteile, als welche sie BALBIANI für die von ihm untersuchte Art auch richtig angesprochen hat. Dass bei Not. Werneckii diese eigentümlichen Auswurfsstoffe zeitlebens gebildet werden, während bei den übrigen Rotatorien sie entweder gar nicht vorkommen (dies ist der weitaus häufigste Fall) oder nur während der embryonalen Entwicklung auftreten, hängt vielleicht damit zusammen, dass sich jene Art ausschliesslich von der rein protoplasmatischen Substanz, welche das Innere der Vaucherienschläuche erfüllt, nicht aber von den Chlorophyllkörnern und andern fremden Bestandteilen ernährt. Es liegt wenigstens nahe anzunehmen, dass die Gleichartigkeit der Excremente bei den oben aufgezählten Rädertieren und bei jener Notommata dadurch bedingt wird, dass das Material, welches die Embryonen der ersteren zum Aufbau ihres Organismus verwerten, gleiche oder wenigstens ähnliche Beschaffenheit zeigt, wie das reine Protoplasma, welches von dem Bewohner jener Alge verzehrt wird.

6. Das Excretionsorgan.

Das Nierenorgan der Rotatorien besteht aus zwei mit einer wechselnden Anzahl von Zitterorganen versehenen Längskanälen, den Wassergefässen, welche in den Seiten des Körpers liegen und bei der Mehrzahl unter Bildung einer contractilen Blase in die Kloake einmünden. Die Wassergefässe pflegen an zwei Stellen — zuweilen nur an einer oder auch an dreien — sich knäuelartig zu verschleifen. Über manche verschiedene Verhältnisse derselben kann der Leser in den Arbeiten von LEYDIG und ECKSTEIN das Nähere erfahren, und will ich daher hier nur auf einige von diesen Autoren nicht berührte oder strittige Punkte eingehen. — Bei 4 einander systematisch teilweise sehr fern stehenden Rädertieren

communicieren die beiden vorderen Gefässknäuel durch einen Querkanal mit einander, welcher in Gestalt eines flachen, nach hinten concaven Bogens dicht unter dem Gehirn vorbeizieht. Es sind dies Lacinularia socialis, eine Flosculariaspecies (Moxon), Apsilus lentiformis und Hydatina senta. Ich vermute, dass auch Conochilus volvox dieselbe Anastomose besitzt, habe mich jedoch nicht sicher von ihrer Anwesenheit überzeugen können. Wahrscheinlich wird der Verbindungskanal auch bei Megalotrocha alboflavicans und Hydatina brachydactyla sich nachweisen lassen. Bei Lacinularia und Apsilus ist derselbe auch mit zwei symmetrisch gestellten Zitterorganen versehen. Bei diesen Gattungen und bei Floscularia, drei Genera, die, wie ihre Jugendstadien zeigen, sich von derselben Stammform ableiten, darf man die Querkanäle ohne Bedenken für homologe Bildungen halten. Ob die Homologie aber auch für Hydatina Geltung hat, oder ob man hier das verbindende Gefäss für eine selbständige secundäre Erwerbung ansehen muss, ist schwer zu entscheiden. Für ersteres spricht die gleiche Lage und Form, für letzteres das isolierte Vorkommen. Bei allen anderen untersuchten Arten habe ich den Querkanal stets vermisst. — Hinsichtlich der histologischen Structur der Wassergefässe verweise ich auf die bei Euchlanis und Asplanchna gegebenen Beschreibungen und hebe nur hervor, dass die Kerne in regelmässigen Abständen von einander liegen, und dass ihre Zahl eine beschränkte ist mit Ausnahme der verschlungenen Partieen, wo naturgemäss auf eine kleine Stelle mehrere derselben zu liegen kommen. — Über den Bau der Zitterorgane ist viel gestritten worden. Fast jeder Forscher, der unsere Klasse zum Gegenstande seiner Beobachtungen gemacht hat, hat sie in anderer Weise beschrieben, und auch ich bin auf Grund eingehender Studien zu anderen Resultaten gekommen, als meine jüngsten Vorgänger, Eckstein und Zacharias. Der Kernpunkt des Streites ist stets die Frage gewesen, ob dieselben an ihrem freien Ende offen oder geschlossen sind. Leydig erklärte sie für Gebilde, „die frei in die Leibeshöhle ausmünden“, und an denen 2 bei demselben Tiere nie zugleich vorkommende Typen unterschieden werden könnten, je nachdem sie „gleichweite cylindrische Röhrchen“ oder am freien Ende verbreiterte, daher trichterförmige Organe wären. Cohn bezeichnete diese Typen als die verschiedenen Ansichten desselben Zitterorgans, das im ersten Falle seine Kante, im zweiten seine Fläche dem Beschauer zuwende. Ob dieselben offen oder geschlossen sind, lässt er unentschieden. Möbius hält sie für spindelförmige

offene Röhren, während ihnen ZACHARIAS bei Rotifer die Gestalt eines Trichters zuschreibt, in dessen Grunde eine lange, über den Trichterrand emporragende Cilie wurzelt. ECKSTEIN endlich hat richtig erkannt, dass die fraglichen Gebilde am vorderen Ende völlig geschlossen sind. Er behauptet jedoch die Existenz einer seitlichen Öffnung, von deren gänzlichem Fehlen ich mich bestimmt überzeugt habe; ferner ist ihm die wahre Gestalt der Zitterorgane, die sich in dem Vorhandensein einer Kanten- und einer Flächenansicht ausspricht, entgangen. Indem ich hinsichtlich der Einzelheiten auf die Darstellungen verweise, welche im speciellen Teile bei Besprechung von Euchlanis dilatata und Asplanchna myrmeleo von dem Bau der Zitterorgane gegeben wurden, will ich nur hinzufügen, dass LEYDIG im gewissen Sinne nicht Unrecht hat, wenn er zwei Typen derselben unterscheidet. Die Kantenansicht bietet bei allen Rotatorien stets dasselbe Bild dar, und kommen hier nur geringe Verschiedenheiten vor, je nachdem das Zitterorgan direct oder mit Hülfe eines kurzen Stieles in das Wassergefäss einmündet. Anders ist es dagegen mit der Flächenansicht. Ist die Randkante am freien Ende des Gebildes klein im Verhältnis zur Länge der Lateralkanten, so nimmt dieselbe in der That die Gestalt von nahezu „gleichweiten cylindrischen Röhren“ an, während man, wenn die Querkante ungefähr so gross ist wie die Seitenlinie, sehr wohl von einer „etwelchen Trompetenform“ reden kann. Sehr deutlich zeigt sich dieser Unterschied, wenn man die Asplanchnen oder Metopidia lepadella auf diesen Punkt hin mit der Euchlanis dilatata oder Notommata centrura vergleicht. Zwischen diesen Extremen bestehen jedoch alle Übergangsstufen, sodass es aus diesem Grunde besser ist, nicht an den beiden LEYDIG'schen Typen festzuhalten. Bei demselben Tier ist übrigens die Gestalt der Zitterorgane stets die nämliche. — Bei den meisten Rotatorien verschmelzen die unteren Enden der Excretionskanäle zu einer contractilen Blase. Dass man sich die Entstehung der letzteren in der That so zu denken hat, geht aus der Art und Weise hervor, in der die Wassergefässe in jenes terminale Reservoir übergehen. Die Einmündungsstelle ist eine scharf umschriebene, runde Öffnung, deren Durchmesser ungefähr der Weite des Gefässlumens entspricht. Von jeder Öffnung gehen 2 Linien aus, die in der Wand der Blase liegen und die directe Fortsetzung des Wassergefässes bilden. Sie lösen sich nach kurzem, vielfach hin und her gewundenen Verlauf in zarte verästelte Fasern auf. Wahrscheinlich hat schon BALBIANI die eigentümliche Zeichnung,

welche die Wandung der contractilen Blase dadurch erhält, bei Not. Werneckii gesehen und ist durch dieselbe zu der Annahme geführt worden, die Excretionskanäle bildeten vor ihrem Übertritt in die Blase ein Maschenwerk. — Auch das Verhalten der Wassergefässe bei Apsilus deutet auf dieselbe Entstehungsart des pulsierenden Abschnittes hin. Hier verschmelzen die unteren Enden der beiden Kanäle nach Metschnikow zunächst zu einem kurzen Rohr, das sich gleich darauf zu einer contractilen Blase erweitert. Denkt man sich hier die letztere bis zu dem Punkt ausgedehnt, wo die beiden Gefässe zusammentreten, diese selbst sodann etwas auseinandergerückt, so wird der Zustand resultieren, den man als den für die Rotatorien typischen anzusehen hat. — Dass bei den Philodinäen und Conochilus die contractile Blase in ganz anderer Weise, nämlich durch directe Umbildung eines Teiles der Kloake entstanden ist, habe ich schon im vorigen Kapitel hervorgehoben. Der völlige Mangel derselben ist für Lacinularia, Tubicolaria, Pterodina und, wie später weiter ausgeführt werden soll, für eine Anzahl von Männchen characteristisch, bei deren Weibchen sich eine solche schon differenziert hat.

7. Die Klebdrüsen.

Diese Organe der Rotatorien bieten histologisch wenig Bemerkenswertes. Sie werden nach aussen begrenzt von einer structurlosen dünnen Membran und bestehen im Innern aus einer homogenen, nicht in Zellen gesonderten Protoplasmamasse mit grossen eingestreuten Kernen. Eckstein hat zuerst eine Beobachtung gemacht, welche ich öfters habe bestätigen können, dass nämlich das Secret der Drüsen zuweilen in zarte elastische Fäden ausgezogen werden kann. Die Klebdrüsen sind meist paarig vorhanden, so z. B. auch bei Lacinularia und andern nicht mit Zehen versehenen Arten. Sind jedoch die letzteren stark reduciert, wie z. B. bei Synchaeta und Rhinops, so können dieselben auch zu einem unpaaren (ob immer?) Organ verschmelzen. Eine ganz isoliert dastehende Umbildung haben die Klebdrüsen bei Monocerca und Diurella erfahren, bei denen sie zu einer im prallen Zustande relativ grossen, mit contractiler Wandung versehenen Blase geworden sind, die sich momentan zusammenzieht und dabei eine schnell erhärtende, klebrige Flüssigkeit ausscheidet.

8. Das Bindegewebe.

Zwischen den einzelnen Organen spannen sich in mehr oder weniger grosser Zahl feine, unter einander anastomosierende Binde-

gewebsfäden als erste Spuren eines Mesenchyms aus. Bei den grösseren Arten, namentlich den Asplanchnen, zeigen die Zellen, von denen jene Fäden ausgehen, amöboide Bewegungen. In Folge ihrer Contractilität dienen viele bindegewebigen Stränge ebenso sehr als Muskeln wie als Stützgewebe. Die längeren Züge, die dabei von grosser Zartheit sein können, sind häufig auffallend symmetrisch angeordnet. Sie aber deshalb, wie einige Autoren thun, für Nerven zu halten, erscheint mir voreilig, und glaube ich, dass es richtiger ist, nur solche Elemente so zu deuten, deren Zusammenhang mit einem unzweifelhaft nervösen Organ erkannt ist.

9. Der Keimdotterstock und die Eibildung.

Obwohl es unter den Organen der Rotatorien wohl keines giebt, in dessen Beschreibung alle Autoren so sehr übereinstimmen, wie der weibliche Geschlechtsapparat, ist dennoch gerade dieser unter allen am wenigsten verstanden worden. Der bis dahin allein als Ovar beschriebene und stets ventral vom Darm gelegene Sack, von dessen dunkelkörnigem, von grossen Kernen durchsetzten Dotter sich ein Ei nach dem andern durch einfache Abschnürung bilden soll, ist nur ein Teil der Genitaldrüse und zwar derjenige, welcher nicht die Eier selbst zu liefern, sondern sie nur mit dem nötigen deutoplasmatischen Material zu versorgen hat. Diesem „Dotterstocke“ findet sich bei allen Rotatorien ein Haufen verschieden grosser Zellen angelagert, die in ihrer Gesamtheit den „Keimstock“ ausmachen. Da sowohl der Dotter erzeugende wie der stets bedeutend kleinere keimbereitende Abschnitt unmittelbar neben einander liegen und von einer gemeinsamen dünnen Membran, die an der Kloake ausmündet, umhüllt werden, ist es richtiger, dieselben nicht als zwei verschiedene Organe anzusehen, sondern vielmehr als eins, das durch einfache Arbeitsteilung in zwei verschieden functionierende Partieen zerfallen ist, und dafür die Bezeichnung Keimdotterstock zu gebrauchen. Im speciellen Abschnitte habe ich einen solchen bei folgenden Specien erwähnt: Lacinularia socialis; Hydatina senta; Euchlanis dilatata; mehreren Brachionusarten; Synchaeta pectinata und tremula; Metopidia lepadella; Polyarthra platyptera; Conochilus volvox; Asplanchna myrmeleo, Brightwelli und priodonta; Anuräa aculeata; Notommata lacinulata und Triarthra cornuta. Da sich unter diesen Tieren Vertreter aller Familien der Rotatorien finden, und diese überhaupt in ihrer ganzen Organisation eine grosse Harmonie offenbaren, wird man den Schluss, dass ein Keimdotterstock für die

ganze Klasse characteristich ist, wohl nicht voreilig finden. Nur in der Abteilung der Philodinäen habe ich bis jetzt vergeblich Keim- und Dotterstock zu unterscheiden gesucht, und hier könnten eventuell andere Verhältnisse vorliegen.

Keimstock und Dottersack haben bei jeder Species eine constante Lage zu einander, in Folge dessen auch die Eier immer an derselben Seite des dotterbildenden Abschnittes zur Entwicklung gelangen. Die Stellung beider ist aber bei den verschiedenen Gattungen eine verschiedene, und kann man 2 Typen unterscheiden, je nachdem der Keimstock am vorderen oder am hinteren Ende des Dotterstockes sich befindet. Im ersteren Falle liegt der Keimstock bei den untersuchten Tieren stets sehr unsymmetrisch, nämlich der linken Ecke des Dotterstockes angeschmiegt, wenn man von unten auf denselben blickt. So situiert, kommt er bei der Mehrzahl der von mir geprüften Gattungen vor, nämlich bei Hydatina, Euchlanis, Brachionus, Not. lacinulata, Triarthra und wahrscheinlich auch Lacinularia und Metopidia. Der zweite Typus wird durch Plyarthra, Conochilus und Asplanchna vertreten. Zwischen beiden steht vielleicht Synchaeta, indem hier der Keimstock der Mitte (oder auch der vorderen Hälfte?) des linken Seitenrandes anliegt. Bei den meisten Asplanchnen setzen sich beide Teile der Genitaldrüse schärfer gegen einander ab, als bei irgend einem anderen Rädertier, und tritt ihre Trennung auch äusserlich deutlich hervor, was sonst nicht der Fall ist. Die zwei Typen, welche man nach der Lage des Keimstockes unterscheiden kann, lassen sich für die systematische Unterscheidung grösserer Gruppen nicht verwerten, da sich die nächsten Verwandten hierin oft verschieden verhalten.

Über den histologischen Bau des Dotterstockes ist wenig zu sagen. Die ganze Dottermasse wird nach aussen von einer dünnen structurlosen Membran begrenzt, die einen allseitig geschlossenen Sack von in der Regel unregelmässig rundlicher bis viereckiger, zuweilen hufeisenförmiger Gestalt bildet. Das Innere dieses Sackes wird von einer homogenen Dottermasse erfüllt, in der sich die bekannten grossen Kerne in meist nur beschränkter Zahl vorfinden. Dieselbe ist nicht, wie Cohn auf Grund von Quellungserscheinungen bei Hydatina behauptet hat, in Zellen gesondert, sondern stellt ein Syncytium dar, eine Gewebsform, die überhaupt für manche Organe der Rotatorien (Klebdrüsen, Magendrüsen, Hypodermis) characteristisch ist. Teilungsstadien der Dotterkerne habe ich mit Sicherheit nie wahrnehmen können (vergl. darüber

Hydatina und Euchlanis), und treten, wenn überhaupt, nur äusserst selten auf. Die Zahl der Kerne erhält sich vielmehr unverändert während des ganzen Lebens, wie ich wiederholt an Tieren, die fast 14 Tage lang controlliert wurden, beobachtet habe.

Der Keimstock besteht aus einer Anzahl verschieden grosser Zellen, deren jede einen kleinen bläschenförmigen Kern, zuweilen mit Nucleolus, umschliesst. An dem einen Ende läuft derselbe in ein nicht in Zellen gesondertes, von Kernen durchsetztes, protoplasmatisches Stroma, eine Art Keimlager, aus [1]). An dem entgegengesetzten Pole befinden sich die grössten Keimzellen, die sich successive abschnüren und dann seitlich neben den Dotterstock zu liegen kommen. Characteristisch für die Rotatorien ist die Art und Weise, in der das junge, eben losgelöste oder noch mit den übrigen Keimzellen zusammenhängende Ei das zur Reife notwendige Deutoplasma dem Dotterstock entzieht. Es findet keine Ruptur der Membran des Dotterabschnittes statt, sondern der letztere schmiegt sich eng an das Ei an und lässt durch Diffusion den Dotter übertreten. Das Ei übt dabei in unverkennbarer Weise eine anziehende Kraft auf die Dotterteilchen aus, was zur Folge hat, dass dieselben sich vornehmlich in der Nähe des Eies ansammeln und dieser Partie des Dotterstockes ein besonders trübkörniges, dunkles Aussehen verleihen. Schon Leydig hat diese Erscheinung sehr wohl gekannt und sie ganz richtig in Zusammenhang mit der Eibildung gebracht, wenn ihm auch die wahre Ursache derselben verborgen geblieben ist. Der berühmte Bonner Histologe sagt darüber: „Von gar manchen Arten habe ich oben mitgeteilt, dass in der einen Partie des Eierstockes sich fast ausschliesslich Dotterkörner befinden, was diesem Teile des Ovariums ein dunkles Aussehen verleiht, in welcher Beziehung z. B. an Brachionus, Noteus, Euchlanis und andere erinnert sein mag. Ich glaube darin eine annähernde Bildung zu jenen Eierstocksformen zu sehen, in welchen die Production der Keimbläschen und der Dottermasse räumlich verschiedenen Stellen des Eierstockes übertragen ist (z. B. Hexapoden und Asellinen)" (l. c. pag. 94). Es ist freilich eine ganz richtige Beobachtung, durch die Eckstein jene Ansicht zu entkräften sucht, nämlich, „dass diese Erscheinung bei einer und derselben Gattung nicht immer vorhanden

---

[1]) In meiner vorläufigen Mittheilung (179) habe ich unrichtiger Weise den ganzen Keimstock als ein Keimlager dargestellt, da an Osmiumpraeparaten mir die Zellgrenzen entgangen waren.

ist"; es hat dies seinen Grund aber lediglich darin, dass die Dottermasse für den Beobachter nicht immer in demselben Masse erkennbar ist. Das active Protoplasma können wir im Dotterstock vom Deutoplasma nur dann deutlich unterscheiden, wenn in letzterem zahlreiche Fetttröpfchen und ähnliche Granula enthalten sind, die aber unter Umständen bis auf ein Minimum reduciert sind. Unter dem Einflusse des Dotterstockes nimmt das Ei rasch an Grösse und trübkörnigem Aussehen zu, wodurch das anfangs sehr deutliche Keimbläschen den Blicken des Beobachters allmählich entzogen wird, bis das Ei völlig herangereift ist und in den Uterus gelangt, indem es entweder während der ganzen Embryonalentwicklung verbleibt, oder aus dem es sofort durch die Kloake nach aussen gestossen wird. In der Regel wird, wie oben angegeben wurde, der gesamte Keimdotterstock von einer dünnen Membran umschlossen, welche in die Kloake mündet und deren hinterer, zur Aufnahme der Eier dienender Abschnitt als Uterus bezeichnet wird. Bei einigen Asplanchnen (z. B. Aspl. myrmeleo und Brightwelli) hingegen finden sich etwas abweichende Verhältnisse: der grosse, mit sehr zahlreichen Kernen durchsetzte Dotterstock beschreibt ein Hufeisen, dessen nach hinten gerichtetem convexen Bogen der kleine ovale Eierstock ansitzt. Die Uterusmembran, welche mit einem dichten Netzwerk von Muskeln versehen ist, schliesst nur an den letzteren an, während der das Nährmaterial bereitende Abschnitt allein von der dünnen Dotterstocksmembran begrenzt wird.

Während bei allen Rotatorien die weiblichen Geschlechtsorgane unpaar sind, machen hiervon die Philodinäen und das mit diesen nahverwandte Genus Seison eine Ausnahme. Ob die bei diesen Tieren vorliegende Duplicität als ein primitives oder als ein secundär erworbenes Verhalten anzusehen ist, lässt sich augenblicklich noch nicht entscheiden. Doch mag daran erinnert sein, dass die hufeisenförmige Gestalt des Dotterstockes der Asplanchnen und der Pterodina das erstere nicht unwahrscheinlich machen, zumal die Philodinäen und das zuletzt genannte Genus auch in anderer Hinsicht ursprünglichere Organisationsverhältnisse offenbaren. Ob ferner auch bei den Philodinäen ein paariger oder unpaarer Keimstock vorhanden ist, müssen weitere Untersuchungen lehren. Möglich wäre es immerhin, dass unter den Rotatorien auch Arten vorkommen, bei denen die Sonderung in Keim- und Dotterstock noch nicht sich vollzogen hat. Sehen wir doch bei den Turbellarien, dass ganz dieselben Differenzierungen erst allmählich

entstanden sind: einfache Ovarien besitzen alle Acöla und die niedrigsten Alloiocöla; eine Anzahl relativ niedrig stehender Rhabdocöla und Alloiocöla sind mit Keimdotterstöcken versehen, während allen übrigen Vertretern der beiden letzten Abteilungen völlig getrennte Keim- und Dotterabschnitte zukommen.

Eine andere Frage, welche zukünftigen Untersuchungen zur Beantwortung vorbehalten bleiben muss, ist die, ob die Keimstöcke welche Sommereier liefern, morphologisch verschieden sind von denjenigen, welche Wintereier producieren. Ich glaube, dass dies nicht der Fall ist, da ich nie einen Unterschied in den Geschlechtsorganen sommer- und winterträchtiger Tiere habe bemerken können. Man sollte darnach annehmen, dass jedes Weibchen im Stande wäre, bald dünn-, bald hartschalige Eier zu erzeugen, wie dies in der That von Balbiani für Not. Werneckii angegeben worden ist. Um über diese Verhältnisse sichere Mitteilungen machen zu können, habe ich eine beträchtliche Zahl von weiblichen Hydatina senta während ihres ganzen Lebens oder doch während des grössten Teiles desselben isolirt gehalten und die von diesen Tieren abgelegten Eier gewissenhaft controlliert. Es hat sich dabei ergeben, dass ein und dasselbe Tier während seiner ganzen Existenz nur eine Eisorte produciert, und man füglich dreierlei Weibchen unterscheiden kann, je nachdem dieselben männliche oder weibliche Sommereier oder Wintereier absetzen. Damit ist nun freilich nicht gesagt, dass auch das von Balbiani untersuchte Rotator sich ebenso zu verhalten braucht. Es sprechen jedoch andere Beobachtungen dafür, dass die bei Hydatina gefundene Gesetzmässigkeit auch für alle anderen Süsswasserrädertiere Geltung hat. Alle Forscher, welche Arten studiert haben, deren Eier am Rücken der Mutter angeklebt werden, stimmen darin überein, dass dasselbe Tier stets nur eine Eisorte mit sich herumführt. Und ebenso hat man im Uterus der viviparen Formen bei demselben Individuum immer nur entweder Männchen oder Weibchen gefunden. Der hieraus sich ergebende Schluss, dass ein und dasselbe Tier nur eine Eisorte erzeugt, diese aber eventuell periodisch wechselt, ist auf Grund der bei Hydatina gemachten Beobachtungen dahin zu beschränken, dass jedes weibliche Rotator überhaupt nur eine Eiart ablegt. Ob in der That Not. Werneckii hiervon eine Ausnahme macht, kann nur dadurch entschieden werden, dass man isolierte Individuen genau während ihres ganzen Lebens controlliert. Der Umstand, dass man zuweilen in derselben Vaucheriengalle Sommer- und Wintereier findet, berechtigt nicht zu dem

Schlusse, dass dieselben sämtlich von einem Weibchen gelegt wurden, da einmal mehrere Gallen sich an demselben Algenfaden befinden, diese aber bei dem Mangel echter Querwände in freier Communication mit einander stehen, und sodann die Gallen vielfach auch nach aussen hin Öffnungen besitzen. — Die Zahl der Wintereier, welche von einem Rädertiere abgelegt werden, scheint immer viel geringer zu sein als die der Sommereier. Bei Hydatina fand ich, dass von ersteren im Maximum gegen 15, von letzteren gegen 50 von einem winter- resp. sommerträchtigen Individuum produciert werden. Zu ähnlichen Resultaten ist auch Balbiani beim Studium des Vaucheriaparasiten gelangt. Derselbe Forscher hat zuerst durch das Experiment gezeigt, dass die im Frühjahr eines Jahres abgesetzten Wintereier erst im folgenden Jahre auskriechen. Bei Lacinularia socialis habe ich dieselbe Beobachtung bestätigen können. Dass aber die Wintereier nicht unbedingt einer so langen Zeit zu ihrer Entwicklung bedürfen, geht daraus hervor, dass aus zwei derselben kleine weibliche Hydatinen schlüpften, nachdem sie 18 resp. 21 Tage in der feuchten Kammer gehalten worden waren. — Über die Begattung und ihren eventuellen Einfluss auf die Bildung der Wintereier sollen im 11ten Kapitel einige Mitteilungen gemacht werden.

10. Die Männchen der Rotatorien.

Unter den 74 Gattungen, welche das System der Rotatorien bis jetzt aufweist, befinden sich 24, bei denen auch die Männchen schon bekannt[1]) sind. Dieselben verteilen sich auf alle Abteilungen der Klasse mit Ausnahme der Philodinäen, die trotz der Bemühungen mehrerer Forscher in dieser Hinsicht eine eigentümliche Sonderstellung bewahrt haben. Über die meisten Männchen wissen wir freilich nur sehr wenig, und allein diejenigen von Hydatina senta, den Asplanchna- und Brachionusarten, Seison und den Euchlaniden sind genauer untersucht worden.

Die männlichen Rotatorien bieten in ihrer Organisation viel einfachere Verhältnisse dar als die zugehörigen Weibchen, und ist dies so zu erklären, dass sie einerseits überhaupt auf niedrigerer

---

[1]) Es sind dies die Gattungen: Floscularia, Seison, Lacinularia, Conochilus, Triarthra, Polyarthra, Notommata, Synchaeta, Eosphora*, Diglena*, Hydatina, Monocerca*, Monostyla*, Colurus*, Salpina*, Euchlanis, Metopidia*, Brachionus, Apodoides, Anuraea, Apsilus, Ascomorpha, Asplanchna und Hertwigia. Die mit * bezeichneten sind nur in einer mir nicht zugänglichen Arbeit Steins beschrieben.

Entwicklungsstufe als die Weibchen stehen geblieben, andererseits auch in Folge der untergeordneten Rolle, die sie im Geschlechtsleben spielen, rückgebildet sind. Ersteres macht die grosse Gleichförmigkeit, welche die Mehrzahl der Männchen in der äusseren Gestalt wie in der Organisation aufweist, verständlich, während auf letzteres das Fehlen einer Mundöffnung und die Rückbildung des Darmkanales und des Räderapparates zurückzuführen ist. Der Grad der regressiven Metamorphose und die Organisationshöhe ist bei den einzelnen Gattungen verschieden. Während allein bei Seison Männchen und Weibchen noch völlig auf derselben Stufe stehen, ist bei Apodoides stygius, einem Rotator der krainer Grotten, über das Joseph sehr wertvolle Beobachtungen gesammelt hat, dies nur während der ersten Lebensphase der Fall. Sowie dagegen im Frühjahr die Generationsorgane sich entwickeln, häuten sich die Tiere, und während dieser Umwandlung bildet sich beim Männchen auch der Darmkanal mit dem Kauapparat zurück. Beide Geschlechter verhalten sich dann hinsichtlich ihrer Organisationshöhe ebenso, wie dies bei der nahverwandten Gattung Euchlanis zeitlebens der Fall ist. Die Männchen besitzen hier noch den Panzer in derselben Gestalt wie die Weibchen und unterscheiden sich im wesentlichen, wenn wir von den Geschlechtsorganen absehen, nur durch etwas geringere Grösse und die Rückbildung des Darmkanals zu einem unregelmässigen Zellstrange. Bei allen übrigen Gattungen ist der Geschlechtsdimorphismus viel stärker ausgeprägt. Die Männchen haben eine weiche Haut, auch wenn die zugehörigen Weibchen einen Panzer besitzen, und sind unverhältnismässig kleiner als diese. Ihre walzenförmige, nach hinten verjüngte Gestalt erinnert auffallend an die Jugendformen der festsitzenden Rotatorien und ähnelt den Weibchen nur darin, dass sie wie diese bald zwei kleine Zehen am hinteren Körperpole trägt, bald nicht mit solchen ausgerüstet ist. Am vorderen Körperende befindet sich der stark rückgebildete Räderapparat, der bei fast allen dieselbe Beschaffenheit zeigt. Stets finden wir einen einfachen Kranz langer Cilien, über den der Kopf halbkugelig vorspringt und mit einer grossen Zahl kleiner Flimmern, vornehmlich an der Spitze und an der Ventralseite, besetzt ist. Während bei der Mehrzahl der Weibchen der Kopf sich ventralwärts trichterförmig vertieft, ist bei den Männchen hiervon nichts zu bemerken. Dass aber eine solche Einsenkung bei manchen ursprünglich vor der Mundöffnung bestanden hat, beweist das Männchen von Hydatina, bei dem der Kopf sich noch mulden-

förmig, wenn auch weniger stark als beim Weibchen, auf der Bauchseite aushöhlt. Man hat demnach Grund zur der Annahme, dass das für so viele Männchen charakteristiche halbkugelig vorspringende Kopfende bei manchen (Hydatina, Anuräa, Brachionus), vielleicht bei allen, zugleich mit dem Obliterieren der Mundöffnung entstanden ist. Da die Männchen in ihrer ganzen Organisation so viel tiefer stehen als die Weibchen, sollte man erwarten, dass ihr Räderapparat dieselbe oder wenigstens eine ähnliche Beschaffenheit zeigen würde, wie bei den Philodinäen, Melicertaarten und Pterodinen. Dass der locomotorische Apparat aller bis jetzt daraufhin untersuchten Männchen stets eine solche Ähnlichkeit vermissen lässt, ist wohl der schwerste Einwurf, den man dem oben gemachten Versuche, die doppelsäumige Form des Räderorganes als die ursprüngliche anzusehen, machen kann. Derselbe fällt jedoch minder in's Gewicht, wenn man bedenkt, dass kein Organ unter den Rotatorien mehr variiert, als der Cilienbesatz des Kopfes, und dass man wohl berechtigt ist zu der Annahme, derselbe sei ursprünglich bei den Männchen anders beschaffen gewesen und liege uns nur in stark reducierter Form vor.

Wie Leydig und Stein zuerst mit Recht behauptet haben und später ohne Grund in Zweifel gezogen ist, repräsentiert der unregelmässige Zellstrang, der über dem Hoden liegt und sich vorn an die Stelle setzt, welche der weiblichen Mundöffnung entspricht, den rudimentären Darm. Es geht dies unzweifelhaft aus der Lage, dem eingangs geschilderten Verhalten von Apodoides und endlich daraus hervor, dass dieselben schwarzen Faecalmassen, welche während der Embryonalentwicklung sich im Enddarm mancher Weibchen anhäufen, auch bei einer Anzahl Männchen in dem hintersten Teil jenes Stranges vorkommen, der durch sie öfters blasig aufgetrieben wird. Da der Darm der Männchen, wie alle rudimentären Organe, in seiner Ausbildung individuell schwankt, findet man bei einigen Individuen die hintere Hälfte desselben, welche die Körnchen umschliesst, nicht im Zusammenhange mit der vorderen, während man sich bei anderen von der Continuität beider Teile klar überzeugen kann. Die Verbreitung jener Könermassen variiert bei nahen Verwandten. Während sie sich bei sämtlichen männlichen Brachionen vorfinden, kommen sie, soviel ich weiss, unter den Weibchen nur Brach. amphiceros und bidens zu; schon hieraus kann man schliessen, dass diese anorganischen Körnerhaufen ursprünglich einer grösseren Zahl von Specien eigentümlich waren, aber mit steigender Entwicklung in Wegfall gekommen sind, ein

Schluss, der auch dadurch gestützt wird, dass die fraglichen Gebilde überhaupt mehr bei Männchen als bei Weibchen gefunden werden. — Das Nervensystem ist in beiden Geschlechtern gleich gebaut, nur darin sprechen sich bei den Männchen einfachere Verhältnisse aus, dass die Tastbüschel nie auf besonderen Hügeln odern Fühlern stehen. — Der Excretionsapparat weist bei einigen Männchen noch keine contractile Blase auf, während bei den zugehörigen Weibchen sich eine solche schon differenziert hat (Hydatina, Brachionus); andere besitzen dieselbe (Asplanchna, Apsilus). Wie im ersteren Falle die Wassergefässe ausmünden, bleibt noch zu untersuchen. Bei Hydatina war ich so glücklich, an einem Exemplar dieselben sich getrennt an der Spitze des Penis öffnen zu sehen. Wahrscheinlich verbinden sie sich für gewöhnlich mit dem Ausführgang des Hodens. Hinsichtlich der Art, wie das flimmernde Vas deferens ausmündet, muss man bei den Männchen der Rotatorien 2 Typen unterscheiden. Entweder tritt dasselbe in einen besonderen Penis, der einstülpbar und dorsal angebracht ist (Hydatina, Brachionus, Lacinularia, Apsilus), oder das hintere verjüngte, ebenfalls teilweise retractile Körperende functioniert als solcher (Conochilus, Hertwigia, Triarthra, Polyarthra, Anuräa, Asplanchna). Bei Lacinularia und Apsilus findet sich am aboralen Körperpol ein Flimmerbusch, auf dessen Vorkommen bei manchen Weibchen schon oben aufmerksam gemacht wurde. Derselbe kommt auch bei den Männchen ohne besonders abgesetzten Penis vor, könnte aber bei diesen eventuell, was freilich nicht wahrscheinlich ist, mit jener Bildung nicht homolog sein, sondern sich von den Wimpern des Hodenausführganges ableiten.

11. Die Begattung und ihre Folgen.

Dass die Spermatozoen bei den begatteten Weibchen frei in der perienterischen Flüssigkeit sich umhertummeln, ist eine von vielen Forschern wiederholt gemachte Beobachtung; aber wie sie hineingelangen, ist von denselben nicht erkannt worden. Cohn und Brightwell konnten, da sie nur mit Lupen arbeiteten, weiter nichts bemerken, als dass die Männchen sich dicht an die Weibchen anhefteten, und ersterer vermutete bei Hydatina und Conochilus einen besonderen, in der Halsgegend befindlichen Genitalporus. Eyferth berichtet: „bei Diglena catellina habe ich die Anheftung (der Männchen) an die Kloakenmündung gesehen“. Hudson (176) dagegen fand bei Asplanchna Ebbesbornii „ein Männchen, das mit der Spitze des Penis dem Weibchen anhing. Aber es war an der

Aussenseite der Bauchflächenmitte und nicht an der Oviductöffnung". Alle diese wiedersprechenden Angaben erklären sich leicht aus den Beobachtungen, die im speciellen Teile bei Hydatina senta geschildert wurden. Sie führten zu dem merkwürdigen und, soviel ich weiss, im ganzen Tierreich nur noch bei einigen Planarien vorkommenden Ergebnis, dass der Penis die Körperwandung des Weibchens bei der Copulation an irgend einer beliebigen Stelle durchbohrt, derselbe dagegen nicht, wie man erwarten sollte, in die Kloake gesteckt wird. Unter geeigneten Umständen vermag daher auch dasselbe Weibchen gleichzeitig von mehreren Männchen begattet zu werden. Da schon bei so vielen anderen Specien Sperma frei in der Leibeshöhle flottierend gefunden worden ist, kann kaum bezweifelt werden, dass auch bei diesen die Begattung in gleicher Weise vollzogen wird. Es fragt sich nun, ob wir annehmen dürfen, dass auch zu jener Zeit, als die Männchen wie die Weibchen mit Mundöffnung und Darm versehen und in ihrer ganzen Organisation noch nicht rückgebildet waren, der männliche Same auf dieselbe Weise in den weiblichen Körper gebracht wurde. Ehe bei Seison, dem einzigen Rädertier, dessen Männchen noch nicht retrometamorphosiert ist, die Copulation nicht beobachtet worden ist, lässt sich freilich die angeregte Frage nicht mit Sicherheit entscheiden. Da jedoch CLAUS von dieser Gattung glaubt mit Sicherheit behaupten zu können, dass die Samenfäden nicht frei in der Leibeshöhle, sondern in dem dünnhäutigen Ovar sich befinden, scheint es mir das Wahrscheinlichste zu sein, dass ursprünglich der Penis in die Kloake geschoben, und auf diesem allein natürlichen Wege das Sperma mit den Keimzellen zusammengebracht wurde. Wir müssen dann annehmen, dass mit der Rückbildung der Männchen oder vielleicht bewirkt durch dieselbe eine Änderung in der Art des Coitus eingetreten ist.

Wenn die Samenfäden in die Leibeshöhle gelangt sind, schlängeln sie sich zunächst munter nach allen Richtungen in derselben umher. Bei Hydatina habe ich nie bemerken können, dass die Geschlechtsorgane dabei eine anziehende Kraft auf dieselben ausübten. Die Spermatozoen verteilen sich gleichmässig im Körper und finden sich ebenso zahlreich zwischen den Fäden des Gehirns oder vor den Klebdrüsen, wie in der Nähe des Keimdotterstockes. Nach einiger Zeit werden ihre Bewegungen jedoch langsamer. Sie rollen sich kugelig zusammen und werden schliesslich zu einem unscheinbaren, mit Vacuolen durchsetzten Protoplasmaklümpchen. Es ist daher offenbar, dass die Samenfäden einen mehrstündigen

Aufenthalt im Fluidum der Körperhöhle nicht vertragen können, sondern in demselben zu Grunde gehen. Das geschilderte Verhalten des Spermas macht es im hohen Grade wahrscheinlich, dass es zu einer eigentlichen Befruchtung überhaupt nicht kommt, sondern dass sich die Keimzellen stets auf parthenogenetischem Wege entwickeln. Ich bin im speciellen Abschnitte bei Hydatina auf diesen Punkt näher eingegangen und will daher hier um so weniger auf ihn zurückkommen, als ich in nicht zu ferner Zeit diese interessante Frage endgültig entscheiden zu können hoffe. Die ihr bis jetzt zu Grunde liegenden Beobachtungen mussten unvollkommen bleiben, weil mir, zur Seit als ich sie anstellte, das Vorhandensein eines besonderen Keimstockes noch nicht bekannt war.

Am Schlusse dieses Kapitels sei noch der Cohn'schen Hypothese gedacht, nach der die Wintereier das Product der Befruchtung, die Sommereier der parthenogenetischen Entwicklung sein sollen. Ich habe eine grosse Zahl weiblicher Hydatinen, die teils sommer-, teils winterträchtig waren, isoliert mit Männchen copulieren lassen, ohne dass dies eine Änderung in der Art der nach der Begattung abgelegten Eier bewirkt hätte. Da ferner Versuchstiere, die noch nie zuvor ein Ei erzeugt hatten, nach Aufnahme des Spermas, nur dünnschalige Ova producierten, folgt daraus mit Notwendigkeit die Unhaltbarkeit jener Ansicht, und brauche ich daher auf die Gründe, mit der Cohn dieselbe zu stützen sucht, nicht näher einzugehen. Auch Balbiani ist zu demselben Resultate gekommen, da er nie Männchen, wohl aber zahlreiche Wintereier beobachtet hat.

12. Zur Oekologie der Rotatorien.

Die Lebensdauer der weiblichen Rädertiere beträgt nach Beobachtungen an Hydatina ungefähr 14 Tage, häufig etwas mehr oder weniger. Die Männchen dagegen kann man in feuchten Kammern höchstens 3 Tage am Leben erhalten. Ihre definitive Grösse erreichen die Weibchen fast vollständig in den ersten 3 Tagen. Während der beiden ersten ihres Lebens fressen und wachsen sie und beginnen erst am dritten mit der Ablage des ersten Eies, dem von nun an eins nach dem andern in continuierlicher Reihe bis zu ihrem Tode folgt, falls ihnen immer hinreichende Nahrung zur Verfügung steht. Entzieht man ihnen die letztere, so beginnt der Dotterstock stark zu schrumpfen und kann dabei so klein werden, dass seine Kerne schliesslich dicht neben einander liegen. Der Tod

scheint normaler Weise dann einzutreten, wenn der Keimstock sich erschöpft hat. Der dotterbereitende Abschnitt scheidet dann zahlreiche grosse und kleine Fetttropfen aus und wird dadurch auffallend trübe. Während er dabei ausserordentlich an Grösse zunimmt, ergreift die fettige Degeneration allmählich alle übrigen Organe. Das Tier zieht sich zusammen und stirbt meist am zweiten Tage, nachdem das letzte Ei abgelegt wurde.

Es ist eine viel verbreitete, aber ganz unbegründete und irrige Ansicht, dass die Männchen der Rotatorien im Frühjahr und Herbst besonders zahlreich auftreten. Sie kommen ebenso häufig mitten im Sommer, wie in den ersten Tagen des April und Ende October vor Die einzige Bedingung ist immer nur die, dass eine Art sich an irgend einer Localität stark vermehrt hat. Kann man sich mit dem feinen Netze ohne Schwierigkeit Tausende von Individuen verschaffen, so wird man auch nie vergebens nach den zugehörigen Männchen suchen. Die Weibchen mit Männertracht sind jedoch in der Regel so selten im Verhältnis zu denen, welche wieder Weibchen producieren, dass die Wahrscheinlichkeit, unter einer kleinen Anzahl von Individuen auch Männchen zu finden, sehr gering ist.

Leydig hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass manche Loricaten, namentlich solche mit flachem Panzer, häufig an die Oberfläche des Wassers kommen und hier bewegungslos liegen bleiben. Er glaubt, dass die betreffenden Tierchen das Vermögen hätten, in das Wasser zurückzutauchen und sich nur tot stellten. Dies ist jedoch nicht der Fall; solche Individuen, die eine Zeitlang der Luft ausgesetzt gewesen sind, gehen regelmässig zu Grunde.

Seit Spallanzani haben sich zahlreiche Naturforscher mit der Frage beschäftigt, ob die Rotatorien in der That im Stande seien, unbeschadet einzutrocknen, um bei erneuter Wasserzufuhr wieder aufzuleben. Schon Ehrenberg sprach sein Bedenken gegen die Richtigkeit der bezüglichen Beobachtungen aus. In der Neuzeit hat die Frage dadurch eine andere Wendung angenommen, dass Cubitt nachgewiesen hat, dass die Philodinäen im Stande sind, sich in eine Gallertschicht einzuhüllen und in derselben vor völliger Austrocknung bewahrt sind, auch wenn sie lange Zeit ausserhalb des Wassers bleiben müssen. Ob alle Rotatorien dieselbe Fähigkeit besitzen, erscheint mir sehr zweifelhaft, da ich wiederholt zahlreiche Vertreter anderer Abteilungen langsam in

Uhrschälchen habe eintrocknen lassen, ohne weder Gallertkapseln zu finden noch die Tiere jemals wiederaufleben zu sehen.

13. Die Stammform der Rotatorien.

Nachdem wir im Vorhergehenden die Organisation und Fortpflanzung der Rotatorien vergleichend betrachtet haben und dabei bestrebt gewesen sind, die primitiven Verhältnisse von den secundär erworbenen zu sondern, wollen wir die ersteren recapitulierend zusammenstellen und ein ungefähres Bild der Tierform entwerfen, aus der nach dem jetzigen Standpunkte unserer Kenntnisse die Rädertiere sich wahrscheinlich entwickelt haben. Wir werden dabei freilich nicht zu Resultaten kommen, die als völlig gesichert angesehen werden dürfen, da die Entwicklungsgeschichte der Rotatorien nur ungenügend bekannt ist, und wir daher bis jetzt noch dieses wichtigsten Prüfsteines für die Zulässigkeit aller phylogenetischen Speculation entbehren.

Es kann als unzweifelhaft gelten, dass der Geschlechtsdimorphismus in der Form, wie wir ihn jetzt fast durchgängig beobachten, ursprünglich nicht bestanden hat, sondern dass Männchen und Weibchen, abgesehen von den Generationsorganen, gleiche Organisation und Gestalt besassen. Das Archirotator haben wir uns vorzustellen als ein walzenförmiges, hinten verjüngt zulaufendes Tierchen mit ventraler Mund- und dorsaler Afteröffnung, dessen aborales Körperende mit einem Flimmerbusch versehen war. Der Räderapparat des Kopfes bestand aus zwei den Mund zwischen sich fassenden Wimpersäumen. Nur die Cilien des hinteren setzen sich in den Vorderdarm fort, der in beiden Geschlechtern einen chitinösen Kauapparat aufwies, und an den sich ein Magen mit paarigen Drüsen und ein Enddarm anschloss. Das Verdauungsrohr zeigte in seiner ganzen Länge ein Fimmerepithel. In seinen hintersten Abschnitt mündeten wahrscheinlich — ob von Anfang an? — zwei unverzweigte Excretionskanäle, die höchstens am vorderen Ende durch ein Quergefäss mit einander verbunden waren, und der Ausführgang der Genitaldrüse. Characteristisch für jene Kanäle ist der Mangel einer durchgehenden Flimmerung und grösser Seitenzweige, der Besitz der am freien Ende geschlossenen Zitterorgane und der Aufbau aus einer nur geringen Anzahl von Zellen. Namentlich der letzte Punkt und das Fehlen offener Wimpertrichter sind beachtenswert, da sie vornehmlich für die Homologie dieser Wassergefässe mit der Kopfniere der LOVÉN'schen Larve sprechen. Dass die Excretionskanäle von Anfang an in die

Kloake mündeten, lässt sich deshalb nicht mit Sicherheit behaupten, weil sie bei den Männchen der Hydatina sich frei und getrennt nach aussen öffnen. Das Nervensystem bestand aus einem dorsal über den Schlund, aber hinter den Wimperkränzen liegenden Gehirnknoten, der nach vorn mehrere, nach dem Nacken zwei Nerven zum dorsalen Taster sendete. Zwei andere in den Seiten des Körpers verlaufende Nerven versorgten ein Paar ähnlich gebildeter Tastbüschel, ohne mit dem Gehirn in Verbindung zu stehen. — Die Mehrzahl dieser für die Stammform characteristischen Organisationsverhältnisse finden wir noch jetzt bei sämtlichen Gliedern der Klasse, woraus folgt, dass dieselbe sich nur wenig verändert hat. Am reinsten und in grösster Zahl combiniert begegnen wir den primitiven Eigenschaften bei den Jugendformen der festsitzenden Rotatorien, und müssen letztere daher in der Systematik an die Spitze der ganzen Klasse gestellt werden.

Die Frage nach der systematischen Stellung der Rotatorien ist vielfach discutiert und erst vor wenigen Jahren, wohl endgültig, durch die Untersuchungen mehrerer Forscher, vornehmlich durch Hatschek, gelöst worden (76). Man hat die Rotatorien als Tiere anzusehen, welche mit den Anneliden von einer und derselben Urform abzuleiten sind, da sie mit der Stammform der Ringelwürmer, die uns im Trochophorastadium mancher Larven in annähernder Reinheit entgegentritt, manche wichtige Merkmale gemein haben. Doch besteht zwischen beiden Klassen immerhin noch eine weite Kluft, die sich darin ausspricht, dass die Rotatorien in einigen wesentlichen Punkten von der Trochophora der Lovén'schen Larve abweichen. Auf die Verschiedenheit in der äusseren Gestalt ist wohl wenig Gewicht zu legen, da die grosse Ausdehnung der Leibeshöhle, welche die aufgeblasene, kreiselförmige Gestalt jener Jugendform bedingt, bei so vielen marinen Larven wiederkehrt, dass man darin eine Anpassung an das pelagische Leben erblicken darf. Anders verhält es sich dagegen mit den folgenden Organisationsdifferenzen. Während erstens die Trochophora zwischen dem präoralen und postoralen Wimpersaum noch eine Wimperrinne besitzt, fehlt diese allen Rotatorien. Die Ausgangsform des Räderapparates der letzteren besitzt zwar zwischen beiden Flimmerkränzen eine Furche, dieselbe ist aber stets nackt; und während ferner bei der Trochophora sich diese Wimperrinne in die Mundöffnung fortsetzt, der postorale Saum aber hinter derselben vorbeizieht, tritt die hintere Wimperschnur der Rotatorien in den Vorderdarm herein und läuft nicht ausserhalb desselben

vorüber. Beurteilt man daher die Homologie der Wimperkränze nach ihrer Stellung zur Mundöffnung, so würde der hintere Cilienkranz der Rädertiere der Wimperrinne der Trochophora entsprechen; legt man jedoch, was unzweifelhaft richtiger ist, kein Gewicht darauf, ob das Cingulum der Rotatorien in die Mundöffnung übertritt oder eben ausserhalb derselben vorbeizieht, so kann man den hinteren Ciliensaum beider Tierformen für homolog halten, obwohl eine Wimperrinne nur einer derselben zukommt. Zweitens besass das Archirotator am aboralen Körperpol sehr wahrscheinlich einen Flimmerbusch, der nicht dem perianalen Wimperkranz der Lovén'schen Larve entspricht, da er nicht die Afteröffnung umgiebt, wohl aber dem terminalen Cilienbüschel mancher Bryozoenlarven (Pedicellina) homolog sein könnte. Schwerwiegender noch als diese beiden Differenzpunkte ist drittens der Umstand, dass das Gehirn der Rädertiere nicht der Scheitelplatte der Trochophora homolog gesetzt werden darf, weil es von Anfang an ausserhalb der Wimperkränze und nicht am vorderen Pol der Körperlängsachse, sondern am Rücken über dem Schlunde liegt, und dass bis jetzt bei der Trochophora noch keine Spur von dorsalen und lateralen Tastern gefunden ist, Sinneswerkzeugen, die für die Rotatorien viel characteristischer sind als die zwei Cilienreifen am Kopfe, da diese sehr vielen, jene so gut wie keinem Rädertier fehlen. — Durch das Gesagte soll keineswegs die Hatschek'sche Trochophoratheorie, soweit sie die Stellung der Rotatorien zu den Anneliden berührt, umgestossen oder modificiert werden; nur glaube ich, dass ihr Begründer die Ähnlichkeit zwischen Rotatorien und der Lovén'schen Larve für grösser hält, als sie in der That ist. Es lässt sich darüber streiten, ob überhaupt bei Speculationen über die Phylogenie der Würmer die Lage, Zahl und Beschaffenheit der Wimperkränze massgebend sein können; zeigt doch allein die grosse Mannigfaltigkeit derselben bei den Annelidenlarven, dass wir es hier mit äusserst variabelen Organen zu thun haben. Legt man aber einmal diesen Massstab an, so darf man, wenn man consequent sein will, auch jene kleinen Differenzen in der Anordnung des locomotorischen Cilienapparates bei der Trochophora des Polygordius und der Rädertiere nicht unberücksichtigt lassen.

Erklärung der Abbildungen.

In sämtlichen Zeichnungen bedeutet:

tr trochus
ci cingulum
oe oesophagus
st Magen
m.d Magendrüsen
d. s Dotterstock
k. s Keimstock
u Uterus
ov sich entwickelndes Ei
w Wassergefäss
v verknäuelte Partie desselben
c. b contractile Blase
g Gehirn
d. t dorsaler Taster
l. t lateraler „
st. t Stirntaster
h Hypodermis
m Matrixverdickungen
t Hoden
pe Penis
pr Prostata ähnliche Drüse
v. d Vas deferens
k Fussdrüse
mu Muskel
di Zehen.

Ferner bedeutet im Nachstehenden:

V. A Ventral-Ansicht
D. A Dorsal- „
L. A Lateral- „

Die Zahlen geben das Verhältnis von wirklicher Länge zur Vergrösserung an.

Tafel I.

Fig. 1. Conochilus volvox Ehr. $^1/_{230}$. V. A. Durch den Einfluss des Wassers ist der Fuss etwas zusammengezogen und gequollen. Die Längsmuskeln sind nicht sämtlich eingezeichnet.
„ 2. Conochilus volvox Ehr. Stirntaster.
„ 3. Polyarthra platyptera Ehr. $^1|_{540}$. Winterei.
„ 4. „ „ „ ♂. D. A. $^1|_{540}$.
„ 5. Triarthra cornuta Weisse. $^1|_{540}$. L. A.
„ 6. Notommata lacinulata Ehr. $^1|_{540}$. L. A. Etwas breitgedrückt durch das Deckglas.
„ 7. Hertwigia volvocicola n. sp. ♀. L. A. $^1|_{540}$.
„ 8. „ „ „ ♂. „ „

Fig. 9. Hydatina senta Ehr. $^{1}|_{230}$. V. A.
„ 10. „ „ „ „ Dotterkerne.
„ 11. „ „ „ Sommereier.
„ 14. Diurella tigris Bory. $^{1}|_{540}$. V. A. Endstachel.

Tafel II.

Fig. 12. Hydatina senta Ehr. $^{1}|_{540}$. Penis.
„ 13. Diurella tigris Bory. $^{1}|_{540}$. L. A.
„ 15. Dinocharis pocillum Ehr. $^{1}|_{230}$. D. A.
„ 16. Euchlanis dilatata Ehr. Idealer Querschnitt.
„ 17. „ „ „ Kopf. D. A. $^{1}|_{540}$.
„ 18. „ „ „ Kopfkegel, von unten.
„ 19. „ „ „ Zitterorgan. a) Flächenansicht.
b) Kantenansicht.
c) von oben gesehen.
„ 20. „ „ „ Geschlechtsorgane.
„ 21. „ „ „ Muskel.
„ 22-24. Brachionus amphiceros Ehr. $^{1}|_{230}$.
„ 26. „ „ „ Lateraler Taster.
„ 27. „ „ „ Hypodermis.
„ 28. „ „ „ Klebdrüse.
„ 29. „ „ „ Geschlechtsorgane. $^{1}|_{230}$.

Tafel III.

Fig. 25. Brachionus amphiceros Ehr. ♂. $^{1}|_{540}$. V. A.
„ 30. „ bidens n. sp. $^{1}|_{230}$. V. A.
„ 31. Asplanchna myrmeleo Ehr. $^{1}|_{97}$. V. A.
„ 32. „ „ „ $^{1}|_{230}$. Magen.
„ 33. „ „ „ Wassergefäss. Lateraler Taster.
„ 34. „ Brightwelli Gosse. Contractile Blase.
„ 35. „ myrmeleo Ehr. Dorsal-Taster. V. A.
„ 36. „ „ „ Muskelkragen.
„ 37. „ Brightwelli Gosse. Hypodermis.
„ 38. „ priodonta Gosse. $^{1}|_{230}$. Geschlechtsorgane. L. A.

Inhaltsverzeichnis.

Bonn, 5. Februar 1885.

Experimentelle Untersuchungen über die Bedingungen der Bastardbefruchtung.

Von

Dr. Oskar Hertwig u. Dr. Richard Hertwig.

Um die Erscheinungen des Zellenlebens verstehen zu lernen, kann man zwei Methoden der Untersuchung anwenden, welche beide für die Lösung des Problems von gleicher Bedeutung sind, indem sie sich gegenseitig fördern und ergänzen. Die eine ist die Methode der vergleichenden Beobachtung, man könnte auch sagen, die Methode der Morphologie, da sie vorwiegend von morphologischer Seite geübt und ausgebildet wird, die andere dagegen ist die Methode der experimentellen Untersuchung, die physiologische Methode, insofern speciell die moderne Physiologie sich ihrer mit Vorliebe bedient.

Die erstgenannte Methode stellt sich zur Aufgabe, durch sorgfältige Beobachtungen die in der Natur gegebenen Thatsachen zu registriren und durch Vergleich derselben das Wichtige und Gesetzmäfsige in ihnen zu ermitteln. — Für das Studium der Zellen hat sie zu reichen Ergebnissen geführt. Wir sind durch sie über den Verlauf der Zelltheilung, über das Wesen der Befruchtung, über die zwischen Kern und Protoplasma bestehende Wechselwirkung in hohem Grade aufgeklärt worden. Nicht selten wurde sogar in den causalen Zusammenhang der Erscheinungen ein Einblick gewonnen. Denn in der Natur kehren dieselben Grunderscheinungen, je nach den wechselnden, äufseren Bedingungen, unter denen sie verlaufen und durch die sie modificiert werden, in den verschiedensten Bildern wieder. So führt uns die Natur selbst gleichsam Experimente vor das Auge, deren einzelne Factoren sich durch vergleichende Beobachtung recht gut ermitteln und in ihrer Wirkungsweise abschätzen lassen.

Die zweite oder die experimentelle Methode der Untersuchung

unterscheidet sich von der soeben genannten hauptsächlich dadurch, dass der Beobachter selbst die Factoren einführt, welche auf den Verlauf der Erscheinungen abändernd einwirken sollen. Ihr schreibt man im Allgemeinen — wenn auch nicht immer mit Recht — eine gröſsere Beweiskraft und Tragweite zu.

Auch mit dieser Methode hat man in der Neuzeit schöne Resultate erzielt, und noch reichere Ausbeute steht wohl in Aussicht. Denn wie uns scheint, kann die Untersuchung der Lebenserscheinungen der Zellen, welche bei der rein morphologischen Behandlungsweise sich in der Neuzeit allzu sehr in die nebensächlichen Details zu verlieren droht, von Seiten des Experiments neue Impulse gewinnen.

Auf dem Zellgebiete liegen bei näherer Prüfung besonders günstige Bedingungen für experimentelle Untersuchungen vor. Solche scheinen uns vor allen Dingen in den Entwicklungserscheinungen gegeben, welche sich bei der Reife, Befruchtung und Theilung der Eier abspielen, vorausgesetzt, daſs man sich dabei an geeignete Objecte hält, wie besonders an die Eier der meisten Echinodermen und vieler Würmer.

Befruchtung und Theilung der Eier sind Vorgänge, die sich durch eine grosse Gesetzmässigkeit auszeichnen, deren Verlauf zugleich aber nicht in dem Maasse befestigt ist, dass er nicht durch äussere Einwirkungen abgeändert werden könnte. Welcher Art die Kräfte sind, welche die Regelmässigkeit des Verlaufs bedingen, lässt sich ermitteln, wenn man sie durch entgegengesetzt wirkende Einflüsse zu compensiren sucht oder durch lähmende Agentien mehr oder minder vollständig ausschaltet.

So haben Pflüger, Born, Roux, Rauber den Einfluss der Schwerkraft auf die Theilung der Eier zu ermitteln gesucht, zum Theil, indem sie die Schwerkraft in abnormer Weise auf die Eier einwirken liessen, zum Theil, indem sie durch Anwendung von Centrifugalapparaten die Wirkungsweise derselben aufhoben.

Auch wir haben vor Jahresfrist eine Reihe experimenteller Untersuchungen begonnen, welche wir in der Folgezeit fortzusetzen gedenken. Wir haben zunächst das Gebiet der Befruchtungsvorgänge gewählt mit Rücksicht auf das ganz hervorragende Interesse, welches ihm zukommt, und mit Rücksicht darauf, dass an die in den letzten Jahren festgestellten morphologischen Thatsachen das physiologische Experiment recht gut anknüpfen kann.

Wie zuerst Oscar Hertwig nachgewiesen hat, beruht das Wesen der Befruchtung nicht allein in der vollständigen Verschmel-

zung geschlechtlich differenzirter Zellen, sondern vor allen Dingen auch in einer Verschmelzung der beiderseitigen Zellkerne. Die letztere scheint sogar der Hauptzweck der Befruchtung zu sein.

Zum normalen Verlauf gehört dann noch zweierlei: 1) dass beiderlei Sexualproducte von Thieren der nämlichen Art abstammen, 2) dass in ein Ei auch nur ein Spermatozoon eindringt.

Es können daher nach 2 Richtungen hin Abweichungen von der Norm stattfinden: Erstens, es können viele Spermatozoen in das Ei eindringen. Wir nennen diese Abnormität Polyspermie der Eizelle. Zweitens; es kann die Befruchtung durch ein Spermatozoon einer anderen Thierspecies vollzogen werden; das wäre dann Bastardbefruchtung.

In der Eizelle, vielleicht auch in der Samenzelle, müssen Kräfte thätig sein, welche diese Abnormitäten zu verhindern streben. Um nun aber zu erfahren, welcher Art diese Kräfte sind, muss man durch künstliche Einflüsse Bedingungen herstellen, unter denen Polyspermie und Bastardirung möglich sind, unter denen somit jene Kräfte aufgehoben werden.

In dem vorliegenden Heft wollen wir uns zunächst mit der Bastardirungsfrage beschäftigen. Dieselbe ist im Anschluss an Darwinistische Probleme viel erörtert, trotz alledem aber methodisch noch wenig bearbeitet worden. Streng genommen ist dieselbe in ihrer jetzigen Fassung überhaupt keine einheitliche, wissenschaftliche Frage, sondern ein ganzes Convolut von Fragen.

Kreuzung verschiedener Arten kann durch sehr verschiedenartige Ursachen, wie namentlich durch Darwin schön auseinander gesetzt worden ist, vereitelt werden. Daher gelangt man zu einer klaren und einheitlichen Fragestellung erst dann, wenn man alle secundären, eine Kreuzbefruchtung verhindernden Momente ausser Acht lässt und sich auf die Bastardirungsfähigkeit der Sexualproducte beschränkt, d. h. wenn man nur die Fälle berücksichtigt, in denen das Zusammentreffen der Eier und des männlichen Samens auf natürlichem oder künstlichem Wege herbeigeführt werden kann und die Kreuzungsfähigkeit allein von den Eigenschaften der Geschlechtszellen abhängt.

Diese Fälle, auf welche sich unsere gegenwärtigen Untersuchungen allein beziehen, sind auch ohne Zweifel die interessanteren, da sich uns bei ihrem Studium wichtige Eigenschaften der Zelle zu erkennen geben.

Auch sind sie schon Gegenstand experimenteller Untersuchungen geworden, von denen wir hier nur kurz die Arbeiten von

Pflüger und Born namhaft machen und dabei hervorheben wollen, dass wir später noch Gelegenheit finden werden, auf den Inhalt derselben genauer einzugehen.

Unsere eigenen Untersuchungen wurden durch eine zufällig gemachte Beobachtung in eine bestimmte Bahn gelenkt. Als wir Kreuzungen zwischen verschiedenen Arten von Seeigeln vornahmen, war es uns an einem stürmischen Tage nicht möglich, frisches Material zur Untersuchung zu erhalten. Wir benutzten daher Eier von Strongylocentrotus lividus, die vom vorhergegangenen Tage unbefruchtet in einem Schälchen mit Meerwasser aufgehoben worden waren, und kreuzten sie mit Samen von Sphaerechinus granularis. Zu unserer grossen Überraschung beobachteten wir jetzt, dass nicht wie in den früher vorgenommenen Versuchen nur einzelne Eier, sondern der weitaus grösste Theil befruchtet wurde und sich entwickelte. Wir vermutheten sogleich, es möchte dies abweichende Resultat bedingt sein durch eine herabgesetzte Lebensenergie der Eier, welche eintreten muss, wenn dieselben längere Zeit unbefruchtet im Meerwasser verweilen. Wir entschlossen uns daher, die durch jene zufällig gemachte Beobachtung angeregte Frage sogleich durch eine Reihe von Experimenten zu prüfen und konnten so die interessante Thatsache feststellen, dass durch das Liegen im Wasser Veränderungen der Eizelle vor sich gehen, welche die Bastardirung begünstigen.

Es ist das selbstverständlich nur ein besonderer Fall aus einer ganzen Reihe von Erscheinungen, auf welche wir zum Theil schon gelegentlich Rücksicht genommen haben, zum Theil ausführlicher noch zurückkommen werden. Denn wir gedenken später die Fragestellung zu erweitern, in wie weit äussere Einflüsse die Befruchtungsfähigkeit der Eizelle alteriren. Auf diesem Wege wird es möglich sein, so hoffen wir, in die Physiologie der Befruchtung tiefere Einblicke zu gewinnen.

Unsere Untersuchungen wurden während der Osterferien 1884 ausgeführt und zwar der Hauptsache nach in Sorrent, nachdem wir zuvor schon einige orientirende Beobachtungen in La Specia gesammelt hatten. Leider konnten wir ihnen nur 14 Tage widmen, da die Ferien zu Ende gingen. Noch mehr hatten wir zu beklagen, dass wir unter ungünstigen äusseren Verhältnissen zu leiden hatten. Da wir anfangs beabsichtigt hatten, in der zoologischen Station zu Neapel zu arbeiten, hatten wir von Spezia aus einen Theil unserer Ausrüstung zurückgesandt. In Neapel ange-

langt hielten wir uns aber daselbst nur drei Tage auf und wählten das nah gelegene Sorrent, um unsere Studien fortzusetzen. Hier fanden wir nur unvollkommene Gelegenheit, das Fehlende in der Ausrüstung zu ergänzen. Nun kann man ja in den meisten Fällen am Meer mit wenig Arbeitsgeräth auskommen. Untersuchungen über Bastardirung machen dagegen einen umfangreicheren Apparat mindestens wünschenswerth, da man gezwungen ist, viele Thiere am Leben zu erhalten und viele Entwicklungsreihen anzusetzen und während längerer Zeit zu züchten.

Aus naheliegenden und auch schon früher erörterten Gründen bedienten wir uns der Echinodermeneier und zwar da die Seesterne sämmtlich keine reifen Sexualproducte hatten, der Eier der Seeigel. Von denselben standen uns 4 Arten zur Disposition. Strongylocentrotus (Toxopneustes) lividus und Echinus mikrotuberculatus, Sphaerechinus granulosus und Arbacia pustulosa (Echinocidaris aequituberculata). Die erste und die zuletzt genannten Arten sind in Sorrent sehr häufig und werden von den Fischern für Weibchen und Männchen derselben Art gehalten; etwas seltener sind die grossen Sphaerechinus granularis, doch immerhin noch leicht in ausgiebiger Menge zu erhalten. Der kleine Echinus mikrotuberculatus wurde uns dagegen nur einmal in 20 Exemplaren gebracht, deren Geschlechtsorgane noch nicht auf der Höhe der Reife angelangt waren, was die Verwerthung des Materials behinderte. In Spezia dagegen hatten wir uns die Thiere selbst an den Pfählen der Badeanstalt in reichlicher Menge verschaffen können und fanden sie daselbst in der Reife weiter vorgeschritten.

Wenn es irgendwie möglich war, benutzten wir zu unseren Experimenten frisch eingefangene Thiere. Denn so sehr auch die Seeigel lebenszäh sind, so leiden die Sexualproducte doch in der Gefangenschaft, da die Thiere durch die reichlichen Faecalmassen, welche sie entleeren, das Wasser verpesten. Hält man aber die Thiere ausser Wasser in feuchtem Tang verpackt, so können die Excremente nicht entleert werden, und das in der Körperkapsel befindliche Wasser wird rasch übelriechend.

Schliesslich hätten wir noch über die Cautelen zu berichten, deren wir uns bedient haben, um zu verhüten, dass bei den Kreuzbefruchtungen nicht Verunreinigungen mit dem Sperma derselben Art die Resultate trübten. In erster Linie ist hier die grösste Reinlichkeit bei der Handhabung der Instrumente unbedingtes Erforderniss. Daher wurde jedes Instrument vor und nach seinem Gebrauch jedesmal in Süsswasser sorgfältig abgewaschen. Wir liessen

es dabei durch 2 Gefässe mit Süsswasser gehen; im ersten wurde das Meerwasser abgespült, im zweiten, dessen Inhalt bei dem befolgten Verfahren mit Meerwasser so gut wie gar nicht verunreinigt werden konnte, wurden die Instrumente darin einige Zeit belassen. Der Umstand, dass Süsswasser auf die Zellen der meerbewohnenden Thiere einen äusserst verderblichen Einfluss ausübt, und, wie wir uns durch besondere Versuche überzeugt haben, auch die Samenfäden rasch abtödtet, erleichtert alle Versuche über Kreuzung bei Meerthieren wesentlich im Vergleich zu den Versuchen mit Land- und Süsswasserbewohnern. Desgleichen wurden selbstverständlicher Weise auch die Gläser, Porcellanschalen und Uhrgläschen vor der Benutzung behandelt und die Hände mit Seife und Süsswasser gewaschen, bei jeder Gelegenheit, wo eine Uebertragung von Sperma durch sie möglich schien.

Zweitens suchten wir so gut wie ganz die Verwendung von Metallinstrumenten zu vermeiden, da diese rasch sich oxydiren und schwieriger zu reinigen sind; dagegen gebrauchten wir fast ausschliesslich zugespitzte Glasröhren, um Sperma und Eier zu mischen.

Wenn wir von den zur Uebertragung dienenden Instrumenten absehen, so waren noch zwei weitere Fehlerquellen zu vermeiden. Einmal konnte das Meerwasser, welches zum Ansetzen der Kultur diente, von Anfang an Spermatozoen enthalten. Wir schöpften daher meist selbst in einem gut gereinigten Glas Seewasser von der Oberfläche des Meeres jeden Tag mehrmals; aus diesem Glas durfte Wasser nur durch Ausgiessen oder mit Hilfe einer Röhre, welche zu keinem andern Zwecke diente, entnommen werden. Dass übrigens im Wasser keine Spermatozoen enthalten waren, ging auch noch daraus hervor, dass die Eier in ihm sich nicht entwickelten, so lange nicht zum Zweck des Experiments Sperma hinzugefügt worden war.

Eine andere Fehlerquelle könnte dadurch hervorgerufen werden, dass die Oberfläche eines Thieres mit Spermatozoen einer anderen Art verunreinigt ist. Deshalb ist es gut, jedes Thier vor dem Gebrauch wiederholt gründlich abzuspülen oder, was noch besser ist, das Thier zu öffnen und das Sperma, resp. die Eier, den Geschlechtsorganen zu entnehmen.

Unter Anwendung der besprochenen Cautelen verfuhren wir nun folgendermaassen. Wir übertrugen mit Hilfe eines Glasrohrs von ein und demselben Weibchen eine grosse Quantität Eier, die entweder spontan oder durch Druck auf den Eierstock ent-

leert worden waren, in ein grösseres Gefäss mit reinem Meerwasser, welches bedeckt und dadurch vor Verunreinigung und Verdunstung geschützt wurde. Nach einiger Zeit versicherten wir uns durch Beobachtung unter dem Microscop, dass sämmtliche Eier unbefruchtet waren, dann entnahmen wir in Intervallen von 2—3 Stunden Eier aus dem Gefäss und befruchteten dieselben mit Sperma von einem Männchen anderer Art. Die Spermaflüssigkeit wurde jedesmal frisch bereitet, indem ein Tropfen Sperma aus dem Hoden oder dem Vas deferens entnommen und mit reinem Seewasser stark verdünnt wurde. Fast stets wurde darauf Bedacht genommen, dafs männliche Thiere derselben Art nicht auf dem Arbeitstisch oder überhaupt nicht im gleichen Arbeitszimmer waren. Controlbefruchtungen der Eier mit Sperma derselben Art wurden stets in grosser Entfernung vom Arbeitstisch vorgenommen, und dann wurde das zum Befruchten verwandte Glasröhrchen mit besonderer Aufmerksamkeit gereinigt.

Bei den Echiniden hat man übrigens noch ein Mittel an der Hand, um auch später festzustellen, ob etwa erzielte Befruchtungen Kreuzbefruchtungen sind oder nicht. Es fällt sehr leicht, aus den Eiern die Pluteusformen zu ziehen; da diese nun für die einzelnen Arten charakteristisch sind, so wäre es wohl denkbar, dass die durch Bastardirung gezüchteten Pluteusformen gemischte Charaktere besässen. Wir haben nach dieser Richtung leider keine Beobachtungen sammeln können, da wir in der Zeit zu beschränkt waren.

Für das Verständniss des Folgenden schicken wir noch einige Worte über bemerkenswerthe und bei den Experimenten zu beachtende Begleiterscheinungen der Befruchtung voraus.

Wenn man mit frischen kräftigen Eiern und frischem kräftigem Sperma operirt, so ist das erste Zeichen eingetretener Befruchtung, dafs sich rings vom Dotter die Dotterhaut weit abhebt. Wir lassen es dabei dahingestellt, ob dieselbe bei der Befruchtung neu gebildet wird (Fol), oder als dünnes Häutchen schon vorhanden war und nur eine Verdickung erfährt (Eberth) oder endlich von Anfang an vorhanden war und nur dadurch deutlich wird, dass sich das Protoplasma des Eies von ihr zurückgezogen hat. Wir halten uns an die Thatsache, dass beim befruchteten Ei die Dotterhaut von der Oberfläche des Dotters durch einen weiten Zwischenraum getrennt ist. Unter normalen Verhältnissen kann man dann sicher sein, dass stets nur 1 Spermatozoon eingedrungen ist.

Bei längerem Liegen der Eier wird die Abhebung der Dotter-

membran, wie schon bekannt ist, wesentlich verlangsamt; man findet sie stellenweise blasenartig emporgewölbt, während sie an anderen Stellen noch anliegt, bis endlich der normale Zustand langsam erreicht wird. Dies führt uns zu Fällen, wo man auf den ersten Blick vermuthen möchte, die Loslösung der Dotterhaut sei ganz unterblieben, wo aber eine nähere Prüfung uns eines Besseren belehrt. Man findet dann die Dotterhaut ringsum abgelöst, aber durch einen so minimalen Spalt von der Eioberfläche getrennt, dass man ihn leicht ganz übersieht. Die Eier unterscheiden sich von unbefruchteten nur durch ihre eigenthümlich scharfe Contourirung. Auch sie enthalten in ihrem Inneren nur einen einzigen Spermakern.

Wenn die Eier 1 bis 2 Tage im Meerwasser gelegen haben, so sind sie in der Regel noch nicht abgestorben, sondern sehen noch wie frisches Material aus. Bei Zusatz von lebenskräftigem Samen indessen hebt sich keine Membran vom Dotter ab; im Inneren desselben bemerkt man nach Verlauf von 10 bis 20 Minuten zwei, drei und mehr Strahlungen, die vom Eindringen entsprechend vieler Spermatozoen herrühren. In Folge der Polyspermie treten unregelmässige Theilungen und Zerklüftungen der Eizelle und schliesslich Stillstand der anomalen Entwicklung und Zerfall ein.

Nach unseren Erfahrungen lassen sich bestimmte Angaben über die Zeitintervalle, in welchen nach vorgenommener Entleerung der Eier die eben skizzirten Veränderungen einander folgen, nicht machen. Es hängt dies von verschiedenen Ursachen ab. So sind bei einzelnen Thieren selbst die Eier, welche man eben dem Ovar entnommen hat, von Anfang an nicht vollkommen gleichartig, wie ja auch schon in älteren Arbeiten hervorgehoben worden ist, dass die Eier von Weibchen, welche mehrere Tage lang in Gefangenschaft gehalten worden waren, gleich Polyspermie zeigen. Ferner stellen selbst die frisch entleerten Eier ein und desselben Thieres durchaus kein gleichartiges Material dar. Manche besitzen eine grössere, andere eine geringere Lebensenergie, wie wir später noch des Näheren nachweisen werden.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen wenden wir uns zur:

Beschreibung der einzelnen Experimente.

Zur besseren Uebersichtlichkeit besprechen wir die angestellten Experimente in zwei Kapiteln. Das eine Kapitel, auf welches

wir an erster Stelle eingehen werden, enthält die Kreuzungen, welche zwischen frischem Eimaterial und frischem Samen von 4 verschiedenen Seeigelarten, Strongylocentrotus lividus, Echinus mikrotuberculatus, Arbacia pustulosa, Sphaerechinus granularis vorgenommen wurden. In einem zweiten Kapitel stellen wir die Resultate zusammen, welche durch Bastardbefruchtung von Eiern, die durch äussere Einflüsse in ihrer Constitution Veränderungen erlitten hatten, gewonnen worden sind.

I. Kapitel.

Kreuzungsversuche mit frischem, unverändertem Material.

1) Kreuzungen zwischen Strongylocentrotus lividus und Echinus mikrotuberculatus:

a) Wenn man Eier von Echinus mikrotuberculatus mit Sperma von Strongylocentrotus lividus vermischt, so sieht man, dass nach wenigen Minuten die Eihaut überall wie bei normaler Befruchtung abgehoben ist. Nach $1\frac{1}{2}$ Stunden sind alle Eier in regelmässiger Weise zweigetheilt. Am folgenden Tage haben sich flimmernde Blastulae entwickelt, am dritten sind Gastrulae entstanden, am vierten Tage hat sich das Kalkskelet angelegt. Zu dem gleichen Ergebniss führte ein zweiter Versuch.

b) Kreuzungen in entgegengesetzter Richtung ergaben andere Resultate. Als in einem Uhrschälchen zu Eiern von Strongylocentrotus lividus Samen von Echinus mikrotuberculatus zugefügt wurde, hob sich nur in sehr seltenen Fällen die Eihaut von dem Dotter ab. Fast alle Eier blieben ganz unverändert. Nach zwei Stunden war nur hie und da ein Ei zweigetheilt. Bei den ausserordentlich wenigen sich theilenden Eiern war die Eihaut entweder nur ein wenig abgehoben oder sie lag dem Dotter noch ziemlich dicht auf. Am anderen Tage waren im Uhrschälchen einige wenige flimmernde Blastulae zu bemerken, während die Hauptmasse der Eier noch ganz unverändert war.

Ein zweiter und dritter Controlversuch fiel genau in der gleichen Weise aus.

Dass das Ausbleiben der Befruchtung nicht durch eine Schädigung des Eimaterials hervorgerufen war, liess sich leicht feststellen, indem dieselben Eier, welche mit dem Samen von Echinus mikrotuberculatus vergeblich gekreuzt worden waren, noch

nach Ablauf einiger Stunden mit dem Samen der eigenen Species befruchtet wurden. Jetzt hob sich alsbald die Eihaut überall ab, die Entwicklung begann und am anderen Tage waren fast alle Eier zu Blastulae ausgebildet.

Die eben beschriebenen Versuche sind von uns in Spezia angestellt worden, wo wir uns mit leichter Mühe zu wiederholten Malen den kleinen Echinus mikrotuberculatus, der vollständig reife Geschlechtsprodukte enthielt, verschaffen konnten.

2) Kreuzungen zwischen Sphaerechinus granularis und Strongylocentrotus lividus.

Beide Arten stehen in näherem verwandtschaftlichen Verhältnis zu einander, indem sie zu ein und derselben Abtheilung der Polypori gehören.

a) Wenn Eier von Sphaerechinus granularis, die mit eigenem Samen vollkommen befruchtungsfähig waren, mit Samen von Strongylocentrotus lividus gekreuzt wurden, so trat immer nur in wenigen Fällen Abhebung der Dotterhaut und nach $1\frac{1}{2}$ Stunden Zweitheilung ein. Die befruchteten Eier aber entwickelten sich zu vollkommen normalen Morulae.

b) Ein ähnliches Resultat erhält man bei Kreuzung der Eier von Strongylocentrotus lividus mit Samen von Sphaerechinus granularis.

Wenn das Eimaterial ganz frisch ist, erfolgt nur in vereinzelten Fällen Befruchtung. Auch Eier, deren Gallerthülle von Spermatozoen der anderen Art dicht besetzt ist, entwickeln sich nicht. Dagegen werden sie noch Stunden nach der Kreuzung durch Samen der eigenen Art sofort befruchtet. Die Concentration der Samenflüssigkeit scheint auf das Gelingen der Bastardirung ohne Einfluss zu sein. In einem Versuch wurde ein Theil Eier mit wenig Sperma, ein anderer Theil mit der vierfachen Menge vermischt. In beiden Fällen war die Anzahl der sich entwickelnden Eier schätzungsweise die gleiche.

3) Kreuzungen zwischen Arbacia pustulosa und Strongylocentrotus lividus.

Die Eier von Arbacia pustulosa, welche ziemlich undurchsichtig und violett gefärbt sind, wurden mit Samen von Strongylocentrotus lividus vermischt. Ob hier eine Befruchtung eingetreten ist, kann nicht leicht sofort festgestellt werden, weil sich auch bei Zusatz des Samens der gleichen Art die Eihaut nur unmerklich vom Dotter abhebt und das eingedrungene Spermatozoon in

der trüben Dottersubstanz nicht zu erkennen ist. Man muss daher, um das Resultat zu prüfen, das Stadium der Zweitheilung abwarten. Dann kann man feststellen, dass nur ein kleiner Bruchtheil der Eier befruchtet worden ist und sich nach etwa zwei Stunden getheilt hat.

Am anderen Tag schwimmen im Uhrschälchen vereinzelte Blastulae herum, während die Hauptmasse der Eier unverändert geblieben ist. Noch 24 Stunden später haben sich aus den Blastulae Gastrulae entwickelt.

Das Kreuzungsresultat ist hier etwa dasselbe, wie bei der Befruchtung der Eier von Strongylocentrotus lividus mit Samen von Echinus mikrotuberculatus.

b) Bei Kreuzung in entgegengesetzter Richtung trat in mehreren Versuchen gar kein Erfolg ein. Die Eier des Strongylocentrotus lividus blieben bei Zusatz des Samens von Arbacia pustulosa ausnahmslos unbefruchtet, entwickelten sich aber sofort, wenn nach Ablauf mehrerer Stunden Samen der gleichen Art hinzugefügt wurde.

4) Kreuzungen zwischen Arbacia pustulosa und Sphaerechinus granularis.

Beide Arten gehören zwei verschiedenen Abtheilungen der Seeigel an. Das Resultat war etwa dasselbe, wie bei der Kreuzung von Arbacia pustulosa mit Strongylocentrotus lividus.

a) Wurden die Eier von Arbacia mit Samen von Sphaerechinus vermischt, so erfolgten nach zwei und einer halben Stunde nur sehr vereinzelte Zweitheilungen.

b) In entgegengesetzter Richtung blieb die Kreuzung in einem Falle ohne jeden Erfolg. Bei zwei anderen Versuchen theilten sich einige Eier.

II. Kapitel.

Kreuzungsversuche mit Eiern, die durch äussere Einflüsse Veränderungen ihrer Constitution erlitten haben.

Es lassen sich sehr zahlreiche und interessante Experimente anstellen, wenn man Eier vor ihrer Befruchtung verschiedenartigen äusseren Einflüssen unterwirft. Der Experimentator hat hier noch ein weites, bisher ganz unangebautes Forschungsgebiet vor sich. Zur Inangriffnahme desselben haben wir, da uns die Arbeitszeit am Meere sehr karg zugemessen war, gleichsam nur den er-

sten Schritt thun können; so nahmen wir nach mehreren Richtungen vorläufige Probeversuche vor; in mehr erschöpfender Weise untersuchten wir dagegen nur die Bastardirung von Eiern, deren Lebensenergie durch verschieden langes Verweilen im Meerwasser in mehr oder minder bedeutendem Maasse herabgesetzt worden war. Nur über letztere Versuchsreihe wollen wir an dieser Stelle berichten, während wir über andere hierher gehörige Experimente weitere Mittheilungen uns für die nächste Zeit vorbehalten.

Um zu prüfen, ob Eier, je nachdem sie kürzere oder längere Zeit im Meerwasser verweilt haben, in verschiedener Weise gegen Samen einer anderen Art reagiren, kann man zwei Methoden der Untersuchung wählen. Entweder man nimmt von einer grösseren, im Meerwasser aufgehobenen Portion Eier kleine Proben in Intervallen von mehreren Stunden heraus und befruchtet dieselben in Uhrschälchen und vergleicht die in den einzelnen Fällen erzielten Resultate mit einander, indem man jedesmal die Zahl der befruchteten und der unbefruchtet gebliebenen Eier abschätzt; oder man fügt zu ein und derselben Portion Eier frischen Samen zu wiederholten Malen und zwar in denselben Zeitintervallen wie bei der ersten Methode hinzu. Man hat dann festzustellen, ob beim zweiten, dritten oder vierten Spermazusatz noch weitere Eier bastardirt werden können. Zur grösseren Sicherheit der allgemeinen Resultate haben wir beide Wege eingeschlagen und gleichzeitig zwei sich kontrolirende Versuchsreihen vorgenommen, indem der eine von uns die Eier von Strongylocentrotus lividus mit dem Samen von Sphaerechinus granularis, der andere die Eier von Sphaerechinus granularis mit Samen von Strongylocentrotus lividus bastardirte.

Nebenher wurden auch noch einige Kreuzungen der vorbenannten Arten mit Echinus mikrotuberculatus, allerdings nur mehr versuchsweise, veranstaltet.

Um darzuthun, dass der ungleiche Erfolg der Bastardirung nicht von Verschiedenheiten der angewandten Samenflüssigkeiten abhängt, haben wir schliesslich noch eine Versuchsreihe in der Weise durchgeführt, dass mehrere Portionen Eier von Strongylocentrotus lividus, die von verschiedenen Weibchen abstammten und ungleiche Zeiträume im Wasser gelegen hatten, mit Samen von Sphaerechinus granularis, der in einem Uhrschälchen mit Wasser verdünnt worden war, gleichzeitig und in gleichem quantitativem Verhältniss gekreuzt wurden.

A. Modificirte Bastardbefruchtung der Eier von Strongylocentrotus lividus durch Samen von Sphaerechinus granularis.

Hier wurden die Experimente in der oben namhaft gemachten dreifach verschiedenen Weise ausgeführt. Dieselben lassen sich daher in drei Gruppen sondern, welche wir für sich gesondert besprechen wollen.

Erste Gruppe der Experimente.

Ein und dieselbe Portion Eier von Strongylocentrotus lividus wurde mehrmals und zwar zu verschiedenen Zeiten mit Samen von Sphaerechinus granularis befruchtet. (Methode der successiven Nachbefruchtung.)

Erster Versuch.

Am 17. April 4 Uhr Nachmittags entleerte ein frisch eingefangenes Weibchen von Strongylocentrotus lividus freiwillig eine grosse Quantität Eier. In einem kleinen Glasgefäss wurde sogleich eine Partie derselben gesammelt und mit frischem Samen von Sphaerechinus granularis versetzt, wodurch die Befruchtung etwa bei dem zehnten Theil der Eier hervorgerufen wurde. Am folgenden Tage hatten sich die letzteren zu normalen im Wasser herumflimmernden Blastulae entwickelt.

In dem unbefruchtet gebliebenen Rest, der nach Erneuerung des Wassers in einem zugedeckten Glasschälchen sorgfältig aufbewahrt worden war, wurde am 18. April 9 Uhr, also 17 Stunden nach dem ersten Spermazusatz, Samen von Sphaerechinus granularis zum zweiten Male hinzugefügt. Jetzt blieb die Befruchtung nur bei wenigen Eiern aus; doch wurde dabei die Dotterhaut nicht mehr abgehoben. Am besten liess sich der Erfolg des Experiments nach einigen Stunden beurtheilen, indem man dann etwa zwei Drittel der Eier in normaler Weise in zwei oder vier Stücke zerfallen antraf. Von denjenigen, welche sich nicht getheilt hatten, zeigten einige im Inneren unregelmässige Kernfiguren, andere waren unbefruchtet geblieben, trotzdem ihrer Oberfläche zahlreiche Samenfäden anhafteten. Letztere liessen sich indessen — allerdings ohne Abhebung einer Dotterhaut — noch befruchten, als zu einer auf einem Objectträger gebrachten Probe Samen der eigenen Art hinzugefügt und unter dem Mikroskop der Erfolg beobachtet wurde.

Zweiter Versuch.

Am Freitag den 18. April 9 Uhr wurden einem frisch eingefangenen Weibchen Eier entnommen und in Meerwasser aufgehoben. Als sogleich eine kleine, in ein besonderes Uhrschälchen übertragene Probe mit Samen der eigenen Art vermischt wurde, trat überall Abhebung der Dotterhaut nach wenigen Minuten ein, kein Ei blieb unbefruchtet. In einer anderen gleichzeitig vorgenommenen Probe jedoch, zu welcher Samen von Sphaerechinus granularis hinzugefügt wurde, hob sich bei keinem Ei die Dotterhaut ab und es erfolgte keine Theilung.

Am folgenden Tage (19. April) 11 Uhr zeigte das in Meerwasser conservirte Eimaterial bereits eine grössere Neigung zur Kreuzung. Denn als ein grösserer Theil desselben mit frischem und lebenskräftigem Sperma von Sphaerechinus granularis befruchtet wurde, sah man nach Ablauf einiger Stunden, dass jetzt nahezu die Hälfte sich entwickelt hatte. Darunter waren auch einige Abnormitäten wahrzunehmen.

Nach 5 Stunden wurde in dasselbe Uhrschälchen zum zweiten Male Samen von Sphaerechinus granularis hinzugefügt. Es hatte zur Folge, dass sich jetzt noch viele Eier entwickelten, die sich beim ersten Zusatz nicht verändert hatten. Nur ein geringer Rest blieb diesmal ungetheilt.

Dritter Versuch.

Ein und dieselbe Portion Eier von Strongylocentrotus lividus wurde zu verschiedenen Zeiten vier Mal nach einander mit Samen von Spharechinus granularis versetzt. Dieselbe stammte von dem Weibchen ab, welches am 17. April 4 Uhr freiwillig Eier entleert hatte, von denen ein Theil schon zu dem oben beschriebenen Versuch Nr. 1 benutzt worden war. Die erste Kreuzung der Eier wurde gleich nach ihrer Entleerung am 17. April vorgenommen und hatte zur Folge, dass etwa der zehnte Theil befruchtet wurde und am folgenden Tage sich zu flimmernden Blastulae entwickelt hatte.

Unter zeitweiser Erneuerung des Wassers wurde das Versuchsmaterial sorgfältig in einem zugedeckten Uhrschälchen bis zum 19. April aufgehoben und um 11 Uhr zum zweiten Male mit frischem Samen von Sphaerechinus vermischt. Von den unbefruchtet gebliebenen 9 Zehntel theilte sich jetzt etwa die Hälfte.

An demselben Tage um 3 Uhr wurde abermals frischer Samen von Sphaerechinus in das Uhrschälchen eingetropft und dadurch wieder eine Anzahl Eier nach Ablauf von zwei Stunden zur Theilung veranlasst.

Nachdem zur Entfernung der abgestorbenen Spermatozoen das Meerwasser im Uhrschälchen erneuert worden war, wurde schliesslich am Abend des 19. April ein letzter Zusatz von lebenskräftigem Samen gemacht. In Folge dessen trat wieder bei einer kleinen Anzahl die Kreuzbefruchtung ein. Denn zwei Stunden nach dem Zusatz des Samens waren zwischen flimmernden Blastulae, kleinzelligen Morulae, vielzelligen Theilungsstadien wieder einige zwei- und viergetheilte Eier wahrzunehmen. Nur ein ganz kleiner Rest war bei der viermal wiederholten Kreuzung schliesslich noch unbefruchtet geblieben.

Vierter Versuch.

Am 19. April wurden von einem frisch eingefangenen Weibchen mit strotzend gefüllteu Ovarien Eier entleert, die sich, wie ein Probeversuch zeigte, mit dem Samen der eigenen Art sofort in ganz normaler Weise befruchten liessen. Als zu einem anderen Theil der Eier zur selben Zeit (11 Uhr) Samen von Sphaerechinus hinzugefügt wurde, erfolgte nur in ausserordentlich wenigen Fällen Kreuzbefruchtung.

Nach Ablauf von vier Stunden wurde dieselbe Partie zum zweiten Male mit frischem Samen von Sphaerechinus vermischt, diesmal aber ohne jeden Erfolg, da in den wenigen Stunden, die seit Vornahme der ersten Befruchtung verflossen waren, der schädigende Einfluss des Meerwassers sich noch nicht hatte geltend machen können.

Am folgenden Tage 9 Uhr (etwa 24 Stunden nach der Entleerung aus den Ovarien) wurde ein dritter Zusatz von Samen des Sphaerechinus gemacht, was zur Folge hatte, dass jetzt noch etwa die Hälfte der Eier, welche vorher zweimal auf das fremde Sperma nicht reagirt hatten, befruchtet wurden. Als nach vier Stunden die Eier untersucht wurden, waren viele in vier oder acht Theilstücke zerfallen, einige waren erst zweigetheilt, einige wenige zeigten im Inneren Strahlenbildung. Aus der Ungleichmässigkeit der Entwickelung kann man schliessen, dass einige Zeit nach dem dritten Zusatz des Samens noch Nachbefruchtungen durch überlebende Samenfäden stattgefunden haben müssen.

Zweite Gruppe der Experimente.

Von einer grösseren Menge gleichzeitig entleerter und in Meerwasser conservirter Eier eines Weibchens werden in verschiedenen Zeitintervallen Proben entnommen und mit frischem Samen der anderen Art gekreuzt (Methode der ungleichzeitigen Kreuzbefruchtung).

Erste Versuchsreihe.

Am 14. April 6 Uhr Abends wurden Eier eines frisch eingefangenen Weibchens von Strongylocentrotus lividus in eine grosse Schale mit Meerwasser gebracht. Eine Kreuzung unmittelbar nach ihrer Entleerung konnte wegen der vorgerückten Tageszeit nicht versucht werden, doch kann nach den sonst von uns gesammelten zahlreichen Erfahrungen wohl der Satz als festgestellt gelten, dass bei einem lebenskräftigen und frischen Eimaterial von Strongylocentrotus lividus immer nur sehr vereinzelte Eier durch Samen von Sphaerechinus befruchtet werden.

Das am 14. April gesammelte Material diente nun zu folgenden 3 Versuchen:

Erster Versuch. 16 Stunden nach Entleerung der Eier.

Aus dem grösseren Gefäss wurden am 15. April 10 Uhr zwei Partieen von Eiern entnommen, in zwei Uhrschälchen gebracht, und die eine mit Samen der eigenen Art, die andere mit Samen von Sphaerechinus granularis vermischt.

Im ersten Falle hob sich die Dotterhaut nur bei dem dritten Theil der Eier sofort, wie es normaler Weise sein muss, vom Dotter ab. Bei den übrigen drangen gleichfalls Spermatozoen ein, aber ohne dass es zur Bildung einer abstehenden Eihaut gekommen wäre. Zuweilen waren statt eines einzigen, mehrere Spermatozoen in das Ei gelangt, kenntlich an der sie umgebenden Dotterstrahlung. Nach Ablauf von 1½ Stunde erfolgte regelmässige Zweitheilung bei dem weitaus grössten Theile der Eier.

In dem anderen Uhrschälchen, in welches der fremde Samen gebracht worden war, hob sich auch die Eihaut sofort bei einem Viertel der Eier ab; etwa andere zwei Viertel wurden ebenfalls noch befruchtet, aber ohne Abhebung der Dotterhaut. Unter ihnen wurden später mehrere Abnormitäten bemerkbar, Eier, die viele Spermastrahlungen zeigten und sich in unregelmässiger Weise furchten. Von diesen abgesehen trat bei den kreuzbefruchteten

Eiern nach 1½ Stunde Zweitheilung ein. Etwa nur ein Viertheil der Eier blieb bei der Kreuzung unbefruchtet, woraus aber nicht geschlossen werden darf, dass sie etwa abgestorben gewesen seien. Denn als wir auf dem Stadium, wo die durch Kreuzung befruchteten Eier schon in acht oder sechzehn Theilstücke zerfallen waren, Samen der eigenen Art noch in das Uhrschälchen hineintropften, so wurde auch der Rest, welcher sich nicht entwickelt hatte, befruchtet, und zwar hob sich die Eihaut bei einem Theil der Eier ab, bei einem anderen nicht.

Zweiter Versuch. 23 Stunden nach Entleerung der Eier.

Am 15. April 5 Uhr Nachmittags wurden wieder zwei Portionen des am 14. gesammelten Eimaterials, die eine mit Samen der gleichen Species, die andere mit Samen von Sphaerechinus granularis vermischt. In beiden Fällen wurden fast alle Eier befruchtet, aber mit wenigen Ausnahmen ohne Abhebung der Dotterhaut. Nach 3 Stunden waren die Eier theils in zwei, theils in vier, oder acht, oder sechzehn Stücke getheilt; nur eine kleine Anzahl hatte sich gar nicht entwickelt.

Ein ähnliches Resultat erhielten wir, als wir anstatt mit dem Samen von Sphaerechinus granularis mit dem Samen von Echinus mikrotuberculatus kreuzten.

Am 16. April waren in allen Uhrschälchen zahlreiche flimmernde Blastulae vorhanden, welche noch mehrere Tage weiter gezüchtet werden konnten.

Dritter Versuch. 2 Tage nach Entleerung der Eier.

Die am 14. April in Meerwasser aufgehobenen Eier sind sogar noch am 16. April entwickelungs- und kreuzungsfähig, doch ohne Abhebung der Dotterhaut. Auch treten jetzt zahlreiche Abnormitäten auf.

Erst nach mehr als zwei Tagen war schliesslich das Eimaterial abgestorben.

Zweite Versuchsreihe.

Am 15. April Abends 10 Uhr wurden die Eier eines frisch eingefangenen Weibchens von Strongylocentrotus lividus in eine Schale mit Meerwasser gebracht und am anderen Morgen 10 Uhr zu Versuchen verwandt.

Ein Theil des Materials wurde mit dem Samen der eigenen Art befruchtet. Sofort erfolgte Abhebung der Eihaut mit Aus-

nahme weniger Eier, an welchen der Erfolg der Befruchtung sich allein an der im Dotter auftretenden Spermastrahlung bemerkbar machte.

Zu einem anderen Theile wurde Samen von Sphaerechinus granularis hinzugefügt. Beim grössten Theile der Eier glückte die Kreuzung. Bei mehr als der Hälfte war die Eihaut nach wenigen Minuten abgehoben; bei dem Rest war fast überall eine Spermastrahlung wahrzunehmen; nur ein geringer Prozentsatz blieb unbefruchtet. Nach Verlauf von zwei Stunden waren fast sämmtliche Eier in Folge der Kreuzbefruchtung in zwei oder vier Stücke getheilt; von Interesse war es, zu sehen, dass einige Eier noch auf dem Hantelstadium standen. Es geht daraus hervor, dass hier und da auch noch nachträgliche Befruchtungen durch die im Wasser einige Zeit überlebenden Samenfäden erfolgten. Vereinzelte Eier zeigten endlich in Folge des abnormen Eindringens mehrerer Spermatozoen viele Strahlungen.

Als wir um 12 Uhr noch Samen der eigenen Art in das Uhrschälchen hinzufügten, hob sich bei den wenigen Eiern, welche unbefruchtet geblieben waren, alsbald die Eihaut ab und der Entwicklungsprocess verlief in normaler Weise weiter.

Dritte Versuchsreihe.

Die am 17. April 4 Uhr Nachmittags freiwillig entleerten Eier eines frisch eingefangenen Weibchens von Strongylocentrotus lividus, von denen ein Theil schon zur Ausführung successiver Nachbefruchtungen gedient hatte, wurden auch noch zu folgenden 2 Versuchen verwendet:

Erster Versuch. Befruchtung sogleich nach Enleerung der Eier.

Ein Theil des Materials wurde sogleich mit frischem Samen von Sphaerechinus granularis versetzt und dadurch die Befruchtung etwa bei dem siebenten Theil der Eier hervorgerufen.

Zweiter Versuch. 18 Stunden nach Entleerung der Eier.

Der Rest wurde bis zum folgenden Tage in Meerwasser aufgehoben und am 18. April 10 Uhr in 2 Partien getheilt. Die eine Partie erwies sich bei dem Zusatz des Samens der eigenen Art als noch vollständig lebenskräftig. Fast überall war die Eihaut in normaler Weise abgehoben, nur in wenigen Fällen war sie durch einen kleinen Zwischenraum von der Dotterkugel getrennt oder war die Abhebung eine unvollständige.

Darauf wurde jetzt auch die zweite Partie mit Samen von Sphaerechinus granularis befruchtet. Sofort sah man bei einem Drittheil der Eier die Dotterhaut abgehoben und eine entsprechende Zahl nach zwei Stunden in Theilung begriffen. Am anderen Tage hatten sich zahlreiche Blastulae entwickelt.

Der ungetheilte Rest liess sich zwei Stunden nach geschehener Kreuzbefruchtung, wie der Versuch mit einer kleinen Probe auf dem Objectträger lehrte, noch mit dem Samen der eigenen Art in normaler Weise befruchten.

Dritte Gruppe der Experimente.

Ganz frischer, lebenskräftiger Samen von Sphaerechinus granularis wurde am 19. April 11 Uhr in ein Uhrschälchen entleert, mit Wasser verdünnt und sogleich zur Befruchtung mehrerer Portionen von Eiern verwendet, welche von verschiedenen Weibchen abstammten und ungleiche Zeiträume nach ihrer Entleerung aus den Ovarien im Meerwasser verweilt hatten. Es sollte durch diese Experimente der Nachweis geführt werden, dass der ungleiche Erfolg der Bastardirung nicht von Verschiedenheiten der angewandten Samenflüssigkeiten, sondern von Verschiedenheiten des Eimaterials herrührt.

Erster Versuch. Befruchtung sogleich nach Entleerung der Eier.

Die eine Portion der zu der Versuchsserie bereit gehaltenen Eier war eben aus den strotzend gefüllten Eierstöcken eines frisch eingefangenen Weibchens entleert worden. Hier hatte der Zusatz des fremden Samens, wie zu erwarten war, fast gar keine Wirkung. Nach vier Stunden konnten nur sehr wenige getheilte Eier bemerkt werden.

Zweiter Versuch. 26 Stunden nach Entleerung der Eier.

Eine andere Portion von Eiern entstammte einem gesunden Weibchen und war vom 18. April 9 Uhr an in Meerwasser aufgehoben worden. In diesem Falle hatte sich etwas weniger als die Hälfte der Eier, einige Stunden nach Vornahme der Kreuzung, entwickelt. Darunter waren auch einige Abnormitäten zu bemerken.

Dritter Versuch. 43 Stunden nach Entleerung der Eier.

In einem dritten Uhrschälchen befanden sich Eier, welche schon

am 17. April 4 Uhr von einem frisch eingefangenen Weibchen entleert worden waren [1]). In Folge der Kreuzung mit Samen von Sphaerechinus entwickelte sich von ihnen etwa nur der dritte Theil. Die übrigen zwei Drittheile waren indessen noch lebenskräftig. Denn bei Vornahme eines Versuchs liessen sie sich durch Samen der eigenen Art noch in normaler Weise, wenige Fälle ausgenommen, befruchten.

Vierter Versuch. 13 Stunden nach Entleerung der Eier.

Eine vierte Portion von Eiern endlich, welche zu der vorliegenden Versuchsserie diente, rührte von einem schon länger gefangenen und daher wahrscheinlich kranken Weibchen und war erst am Abend des vorhergehenden Tages vom Thiere freiwillig entleert worden. Der Ausfall des Versuchs unterschied sich in Folge dessen etwas von den eben referirten. Fast überall erfolgte die Befruchtung, jedoch ohne Abhebung der Dotterhaut. Nach einigen Stunden waren zahlreiche getheilte Eier anzutreffen, andere waren pathologisch verändert, indem mehrere Spermatozoen in sie eingedrungen waren. Diese zeigten theils viele Strahlungen in einer noch zusammenhängenden Protoplasmamasse, theils waren sie in unregelmässiger Weise zerklüftet.

B. Modificirte Bastardbefruchtung der Eier von Sphaerechinus granularis durch Samen von Strongylocentrotus lividus.

Erste Versuchsreihe.

Das Weibchen, welches zum Versuch benutzt wurde, war schon einige Zeit in Gefangenschaft gehalten worden, so dass die Eier aller Wahrscheinlichkeit nach nicht mehr die Lebensenergie besassen wie Eier von frisch gefangenen Thieren. Als das Thier geöffnet wurde, entleerte es aus den strotzenden Eierstöcken grosse Quantitäten völlig gesund aussehender Eier, welche mit Sperma derselben Art versetzt unter vollständig abgehobener Eimembran befruchtet wurden.

Der Samen von Strongylocentrotus lividus wurde jedesmal neu dem Hoden desselben Thieres entnommen, die milchige Flüssigkeit stark verdünnt und mittelst eines Röhrchens auf die Eier übertragen.

---

[1]) Ein anderer Theil dieses Eimaterials hat zu den Seite 133 u. 138 referirten Versuchen gedient.

Erster Versuch. ½ Stunde nach Entleerung der Eier.

Eine halbe Stunde nach der Entleerung wurde ein kleiner Theil der Eier in einem besonderen Uhrschälchen befruchtet. Das Resultat war gleich von Anfang an ein günstiges, indem etwa ⅓ mit vollkommen abgehobener Dottermembran befruchtet wurde. Um nun den Nachweis zu führen, dass die übrigen ⅔ nicht gelitten hatten, wurde eine kleine Quantität derselben herausgenommen und mit Samen derselben Art befruchtet, worauf sich die Eihaut überall rasch und vollständig abhob. Das Uhrschälchen mit bastardirten Eiern wurde dann noch einmal am folgenden Tage controlirt; es ergab sich, dass die Eier, welche nicht befruchtet worden waren, auch nicht nachträglich angegangen waren; die befruchteten hatten sich dagegen zu kräftigen Blastulae weiter entwickelt.

Zweiter Versuch. 2½ Stunde nach Entleerung der Eier.

Nach weiteren 2 Stunden, im Ganzen somit 2½ Stunden nach der Ablage wurde eine neue Quantität Eier mit Sperma von Str. lividus versetzt. Die Zahl der befruchteten Eier war eine erheblich grössere als bei No. I, sie betrug die Hälfte, vielleicht sogar mehr als die Hälfte; überall besassen die befruchteten Eier ein normales Aussehen, indem die Dotterhaut ringsum weit abgehoben war. Eine kleine Probe in normaler Weise befruchtet ergab auch hier, dass die nicht angegangenen Eier lebensfrisch waren und sich gut mit eigenem Sperma befruchten liessen. Die Untersuchung der bastardirten Eier am andern Tage liess erkennen, dass die meisten als Blastulae im Wasser herumschwammen und nur wenige unbefruchtet am Boden lagen. Es mussten somit zahlreiche Eier noch nachträglich von dem überlebenden Sperma von St. lividus befruchtet worden sein.

Dritter Versuch. 4½ Stunde nach Entleerung der Eier.

Vier und eine halbe Stunde nach der Entleerung wurde ein grösseres Quantum Eier genommen und in zwei Portionen getheilt, von denen die eine mit Samen von Sph. granularis, die andere mit Samen von Str. lividus versetzt wurde; in beiden Schalen traten ganz dieselben Erscheinungen ein; die Eihaut wurde nur unvollständig abgehoben; jedoch musste man aus der im Dotter auftretenden Spermastrahlung schliessen, dass alle Eier ganz gleichmässig befruchtet worden waren. Im Wesentlichen fand dieses Resultat auch am folgenden Tage seine Bestätigung, indem das Wasser von Blastulae wimmelte, während nur äusserst spärliche Eier unbefruchtet am Boden lagen.

Vierter Versuch. 24 Stunden nach Entleerung der Eier.

Die Untersuchungen wurden an dem betreffenden Tage abgebrochen und am folgenden Tage 24 Stunden nach Entleerung der Eier wieder aufgenommen. Die Eier waren noch befruchtungsfähig, doch hob sich die Eihaut, gleichgiltig, ob Sperma von Sphaerechinus granularis oder von Strongylocentrotus lividus angewandt wurde, gar nicht mehr oder sehr unvollständig ab; leider haben wir nicht darauf geprüft, ob Polyspermie eintrat. Auch sonst verhielten sich beide zum Versuch angewandte Portionen vollkommen gleichförmig. Die Theilungen traten sehr unregelmässig ein, so dass man auf demselben Praeparat 4, 8 und 16 Theilungen wirr durcheinander traf. Ein Unterschied machte sich erst am Tage darauf geltend, indem von den kreuzbefruchteten Eiern eine wenn auch kleine Zahl nicht angegangen war, während die übrigen sich zu normalen Blastulae entwickelt hatten. Von den normal befruchteten Eiern waren dagegen alle entwickelt, indessen einige in pathologischer Weise, so dass unter den regulären Blastulae auch einige monströse Formen schwammen.

Fünfter Versuch. 28 Stunden nach Entleerung der Eier.

Der Rest der Eier wurde 28 Stunden nach der Entleerung abermals in zwei Theile getheilt, der eine Theil bastardirt, der andere in normaler Weise befruchtet. Auch hier gaben sich zunächst keine Unterschiede zu erkennen. Beiderlei Eier wurden — ohne Abhebung der Eihaut — wahrscheinlich mehrfach befruchtet und nahmen dann ein so unregelmässig höckriges Aussehen an, dass wir schon glaubten, sie würden absterben. Dem war aber nicht so, vielmehr war am Tage darauf eine Weiterentwickelung zu Blastulae eingetreten. Jetzt war auch ein Unterschied zwischen beiden Partieen erkennbar. Unter den bastardirten Eiern hatten sich viele nicht entwickelt, der Rest hatte normale Blastulae ergeben; in der anderen Portion waren so gut wie keine Eier unentwickelt geblieben, dafür waren aber unter den Blastulae ziemlich viele pathologische Formen.

Zum Schluss wurden sämmtliche durch Bastardbefruchtung erzielten Blastulae in ein und dasselbe Glas zusammengegossen und dieses bei Seite gesetzt. Trotzdem ihnen keine weitere Sorgfalt zu Teil wurde, entwickelten sie sich im Laufe der folgenden Tage zu schönen lebensfrischen Pluteuslarven.

Zweite Versuchsreihe.

Zur zweiten Versuchsreihe konnte ein frisch gefangenes Weibchen verwandt werden, welches reichliche und völlig reife Eier lieferte.

Erster Versuch ¼ Stunde nach Entleerung der Eier.

Die erste Befruchtung wurde schon ¼ Stunde nach der Entleerung der Eier vorgenommen und hatte so gut wie gar keinen Erfolg, obwohl die Befruchtung mit Sperma der eigenen Art vollständige Befruchtungsfähigkeit ergab. Nach einiger Zeit geprüft, fanden sich äusserst wenige zweigetheilte Eier mitten in Haufen von Eiern, welche sich gar nicht verändert hatten.

Zweiter Versuch 1¼ Stunde nach Entleerung der Eier.

Nach Verlauf einer Stunde wurde ein neuer Versuch gemacht, ohne dass sich eine erhebliche Veränderung herausgestellt hätte. Auch jetzt wurden nur wenige Eier befruchtet.

Dritter Versuch 2¼ Stunde nach Entleerung der Eier.

Nach einer weiteren Stunde Wartens ergab sich eine erhebliche Zunahme der Zahl der Eier, welche sich mit dem Sperma von Str. lividus befruchten liessen; immerhin waren es noch keine 10 %, diese aber vollkommen regelrecht befruchtet mit weit abgehobener Eihaut.

Vierter Versuch 4¼ Stunde nach Entleerung der Eier.

Dieser Versuch ist leider durch einen unglücklichen Zufall verloren gegangen, bevor sein Resultat geprüft werden konnte.

Fünfter Versuch 6¼ Stunde nach Entleerung der Eier.

Von jetzt ab änderten sich die Verhältnisse; die Zahl der befruchteten Eier überschritt die Zahl der unentwickelten, welche nach ungefährer Schätzung nur etwa $\frac{1}{3}$ der Gesammtzahl betrug. Bei sämmtlichen befruchteten Eiern war die Eihaut abgehoben.

Am folgenden Tag, im Ganzen 25 Stunden nach Entleerung der Eier, wurde das zum fünften Versuch verwandte Material auf 2 Uhrschälchen vertheilt, die eine Hälfte mit frischem Samen der eigenen Art, die andere mit frischem Samen von Str. lividus zum 2ten Mal befruchtet. Beide Portionen verhielten sich nahezu gleich, indem hier wie dort zahlreiche Befruchtungen der unentwickelt gebliebenen Eier noch nachträglich erzielt wurden, so dass nunmehr nur noch etwa $\frac{1}{6}$ unbefruchtet waren. Die neu befruchteten Eier waren sofort daran kenntlich, dass sie in der Entwicklung weiter zurück waren, auch war die Eimembran nicht mehr abgehoben.

Sechster Versuch $8\frac{1}{4}$ Stunde nach Entleerung der Eier.

Nach $8\frac{1}{4}$ Stunden waren die Eier insofern verändert, als bei jeder Art Befruchtung die Eimembran sich zwar noch abhob, aber nur durch einen äusserst schmalen Zwischenraum von der Oberfläche getrennt blieb; dagegen ergab jetzt die Bastardirung sehr günstige Resultate; die Zahl derer, welche unbefruchtet geblieben waren, war eine sehr geringe.

Siebenter Versuch $10\frac{1}{4}$ Stunde nach Entleerung der Eier.

Noch geringer war die Zahl der unbefruchtet bleibenden Eier nach Verlauf von weiteren 2 Stunden; wir taxirten sie etwa auf 5 %. Dieser Versuch war der letzte an dem betreffenden Tage.

Achter Versuch 25 Stunden nach Entleerung der Eier.

Am folgenden Tage wurde eine Portion der Eier zunächst mit eigenem Sperma auf seine Befruchtungsfähigkeit geprüft. Sie wurden noch alle befruchtet, aber es traten die abnormen Furchungserscheinungen auf, wie sie schon wiederholt beschrieben worden sind. Eine andere Portion wurde mit frischem Sperma von Str. lividus versetzt und entwickelte sich zum gröſseren Theil ebenfalls unter abnormen Furchungserscheinungen; ein nicht geringer Bruchtheil blieb unbefruchtet.

Neunter Versuch 31 Stunden nach Entleerung der Eier.

Nach 31 Stunden wurde der Rest zu einem doppelten Versuch, wie im vorhergehenden Falle, aufverbraucht. Das Ergebniss war ein ähnliches, nur hatte die Zahl der Eier, welche bei der Bastardirung unbefruchtet blieben, sich auf die Hälfte vermehrt; auch war der Verlauf der Theilungen ein noch unregelmässigerer geworden.

Dritte Versuchsreihe.

Ein frisches Weibchen wurde zu einer dritten Versuchsreihe verwandt. Dasselbe hatte offenbar schon abgelaicht und entleerte in Folge dessen nur wenige Eier, unter denen viele unreife waren; die reifen Eier liessen sich mit eigenem Sperma rasch und gut befruchten.

Erster Versuch. Befruchtung sogleich nach Entleerung der Eier.

Die erste Befruchtung mit Samen von Strongylocentrotus lividus wurde gleich nach der Entleerung der Eier ausgeführt und ergab etwa 10 % befruchtete, 90 % unbefruchtete Eier.

Zweiter Versuch 5 Stunden nach Entleerung der Eier.

Bei der Kreuzung entwickelten sich $\frac{2}{3}$ der Eier, dieselben

reagirten nicht alle gleichmässig auf den Zusatz der Spermatozoen. Bei einem Theil hob sich die Eimembran noch vollständig und weit ab, wenn sich auch der Vorgang langsam abspielte; bei einem anderen Theil der Eier unterblieb die Ablösung der Membran. Setzte man dagegen zu den Eiern Samen derselben Art, so hob sich bei sämmtlichen Eiern die Membran vollständig ab.

Dritter Versuch 7 Stunden nach Entleerung der Eier.

Dieser Versuch, zugleich der letzte, welcher bei dem geringen Eimaterial ausgeführt werden konnte, führte bei gekreuzter Befruchtung zu denselben Resultaten, wie der vorhergehende.

Vierte Versuchsreihe.

Gleichzeitig mit der beschriebenen Versuchsreihe wurde mit Eiern experimentirt, welche von einem Weibchen stammten, dessen Geschlechtsorgane strotzend gefüllt waren. Die entleerten Eier waren sämmtlich reif und mit eigenem Sperma zu befruchten.

Es ist nicht nöthig, den Versuch ausführlich zu referiren. Bei der ersten Befruchtung mit Sperma von Str. lividus war der Erfolg ein geringer, indem nur 1 $^0/_0$ befruchtet wurde. Nach 5 Stunden entwickelte sich bei Kreuzbefruchtung der dritte Theil mit abgehobener Eihaut, nach weiteren 2 Stunden zwei Drittel, doch fing die Abhebung der Eihaut jetzt an eine unvollständige zu werden.

Fünfte, sechste, siebente Versuchsreihe.

Bei einigen Exemplaren begnügten wir uns, das Verhalten der Eier gegen Sperma von Str. lividus gleich kurz nach ihrer Entleerung zu prüfen. Ein Weibchen gab reichlich Eier von sich, als mit der Scheere die Stacheln am aboralen Pole entfernt wurden; von denselben liessen sich 10 $^0/_0$ bastardiren.

Ein zweites Weibchen lieferte nur wenige Eier, darunter auch einige unreife und zwar erst nachdem die Schale geöffnet worden war. Der Eierstock war sehr klein. Bei vorgenommener Kreuzbefruchtung kam auf etwa 200 Eier ein befruchtetes, die übrigen liessen sich dann noch mit Sperma der eigenen Art befruchten.

Ein drittes Weibchen endlich zeigte ganz besondere Verhältnisse; es war schon lange Zeit in Gefangenschaft gehalten worden und hatte dabei so gelitten, dass beim Oeffnen der Schale eine äusserst übelriechende Leibeshöhlenflüssigkeit ausfloss, wie das bei Seeigeln leicht eintritt. Da die Eier von dieser Flüssig-

keit direct umspült worden waren, hatten sie allem Anscheine nach erheblich gelitten. Wir wandten sie trotzdem zur Bastardbefruchtung an und konnten dabei constatiren, dass kein einziges sich entwickelte. Indessen auch die Befruchtung mit Samen der eigenen Art erwies sich wenig wirksam, indem nur wenige und auch diese nur langsam befruchtet wurden. Wir übertrugen daher die Eier in frisches Wasser und erneuerten dasselbe von Zeit zu Zeit, ein Verfahren, welches offenbar den günstigsten Einfluss ausübte. Bei normaler Befruchtung entwickelten sich bald sämmtliche zur Probe verwandten Eier, die Abhebung der Membran erfolgte immer rascher und normaler. Auch die Fähigkeit zur Kreuzbefruchtung steigerte sich, so dass schliesslich fast $\frac{2}{3}$ der zum Versuch herausgenommenen Eier sich in vollkommen regelmässiger Weise entwickelten.

C. Kreuzung der Eier von Sphaerechinus granularis mit Sperma von Echinus mikrotuberculatus.

Da die Exemplare von E. mikrotuberculatus in der Geschlechtsreife noch weit zurück waren, boten sie kein geeignetes Untersuchungsmaterial. Wir beschränkten uns daher auf einige orientirende Beobachtungen, welche ergaben, dass eine Befruchtung der Eier von Sph. granularis durch Sperma von E. mikrotuberculatus leichter gelingt, als durch Samen von Strongylocentrotus lividus. Wir haben stets nur frisch entleerte Eier von Sph. granularis benutzt, aber obwohl die Reife des Samens von E. mikrotuberculatus manches zu wünschen übrig liess, war die Zahl der Befruchtungen doch eine grössere.

D. Kreuzung der Eier von Echinus mikrotuberculatus mit Samen von Sphaerechinus granularis.

Wiederholt haben wir Versuche gemacht, die Eier von E. mikrotuberculatus mit Samen von Sph. granularis zu befruchten, ohne aber dabei wesentliche Erfolge zu erzielen. Kurz nach der Entleerung der Eier trat gar keine Befruchtung ein, nach Verlauf einiger Stunden war es möglich, einige wenige Eier zu befruchten, aber niemals ist es uns geglückt, die Zahl derselben erheblich zu steigern. Wir müssen freilich auch hier wieder betonen, dass unser Untersuchungsmaterial nicht auf der Höhe der Geschlechtsreife stand, im Allgemeinen daher auch für die Versuche nicht günstig war.

II. Allgemeiner Theil.

Die von uns mitgetheilten Experimente haben zum Theil zu ähnlichen Resultaten geführt, wie sie schon von anderer Seite bei Vornahme von Kreuzungsversuchen erhalten worden sind, theils haben sie eine neue Seite der Bastardirungsfrage abgewonnen, wie ein Ueberblick über die bezügliche Literatur uns zeigen wird.

Die Echiniden sind schon mehrfach, da sie ausserordentlich geeignete Objecte sind, zu Kreuzungsversuchen gebraucht worden. Marion, Köhler und Stassano haben sich mit ihnen beschäftigt.

Ersterer [1]) hat bei Kreuzung von Strongylocentrotus lividus und Sphaerechinus granularis Larven erhalten, welche er bis zum Pluteusstadium züchten konnte. Köhler [2]) hat in systematischer Weise Kreuzungen zwischen Strongylocentrotus lividus, Sphaerechinus granularis, Psammechinus pulchellus, Dorocidaris papillata und Spatangus purpureus vorgenommen und Verschiedenheiten in der Weise beobachtet, dass die Kreuzbefruchtung hier fast überall, dort in wenigen Fällen, dort gar nicht eintrat, dass bald die Bastardeier sich nur bis zum Blastulastadium, bald bis zur Gastrula, bald bis zum Pluteus entwickelten, dass hier die Bastardirungsfähigkeit eine einseitige, dort eine reciproke war. Der Italiener Stassano [3]) endlich hat vier Arten gekreuzt: Arbacia pustulosa, Echinocardium cordatum, Echinus mikrotuberculatus und Sphaerechinus granularis, und unter anderen Erscheinungen gefunden, dass die Befruchtung mit Sperma der eigenen oder fremden Art einen Einfluss auf den rascheren oder langsameren Verlauf der Theilung hat, dass die Eier auf die zugehörigen Spermatozoen eine grössere Anziehung als auf fremde ausüben, indem sie in ersterem Falle von solchen ganz bedeckt werden, in letzterem dagegen fast ganz verlassen bleiben.

Besonders wichtige Resultate für die Bastardirungsfrage sind

---

[1]) M. Marion, Comptes rendus 1873, 14 avril.

[2]) Köhler, Sur quelques essais d'hybridation entre diverses espèces d'Echinoidées. Comptes rendus 1882. T. XCIV pag. 1203.

[3]) Stassano, Contribuzione alla fisiologia degli spermatozoidi. Zoologischer Anzeiger 1883, pag. 393.

in den letzten Jahren von Pflüger und Born durch Untersuchung der Batrachier gewonnen worden, daher wir dieselben hier auch in den Kreis unserer Betrachtung hineinziehen wollen.

Nachdem schon früher Rusconi, De l'Isle und Lataste die geschwänzten Amphibien zu bastardiren versucht hatten, nahm Pflüger [1]) wieder im Jahre 1882 eine Reihe verschiedener Kreuzungen vor: 1) der Rana fusca mit Bufo vulgaris, 2) der Rana fusca mit Rana esculenta, 3) verschiedener Tritonarten unter einander, 4) der Rana fusca mit Triton alpestris und Triton taeniatus. Die erste Versuchsreihe ergab, dass der Same von Rana fusca auf die Eier der gemeinen Erdkröte stets energisch einwirkte, in der Weise, dass sie sich anscheinend regelrecht theilten und bis zum Morulastadium entwickelten, dann aber bald ohne Ausnahme abstarben und zerfielen. Wenn dagegen Sperma der Erdkröte mit Eiern von Rana fusca zusammengebracht wurde, erfolgte keine Theilung; nur in einem Experimente, dessen Beweiskraft von Pflüger angezweifelt wird, fanden sich unter circa 100 Eiern zwei mit unsymmetrischer Furchung.

Ein ähnliches Verhältniss konstatirte Pflüger zwischen Rana fusca und Rana esculenta. Eier der ersten Art in Wasserextract des Hodens von Rana esculenta versenkt, blieben stets unbefruchtet. Als jedoch Eier von Rana esculenta mit Samenwasser vermischt wurden, welches aus dem Hoden von Rana fusca bereitet worden war, entwickelten sie sich in regelrechter Weise mit Ausnahme einzelner, die sich abnorm theilten; nachdem aber das Blastulastadium erreicht war, starben sie auch wieder ohne Ausnahme ab.

In der dritten Versuchsreihe, Kreuzung der verschiedenen Tritonarten unter einander, blieben alle Versuche erfolglos. Um so bemerkenswerther war das Resultat der vierten Versuchsreihe. Eier des braunen Grasfrosches liessen sich mit Samen des Triton alpestris und des Triton taeniatus, stets aber nur in abnormer Weise, befruchten, indem sich nach einiger Zeit die sonderbarsten Furchungslinien und Risse im Dotter bildeten. Immer trat frühzeitiges Absterben der Eier ein. Auch zeigte bei allen Bastardbefruchtungen eine bald grössere, bald kleinere Zahl von Eiern keine Spur von Furchung, während sich bei der normalen Befruchtung fast alle furchten.

---

[1]) E. Pflüger, Die Bastardzeugung bei den Batrachiern. Archiv f. d. gesammte Physiologie Bd. XXIX.

Eine Bastardirung in entgegengesetzter Richtung von Eiern der Tritonen mit Samen von Rana fusca war nicht möglich.

Bei seinen Versuchen erhielt Pflüger noch ein anderes bemerkenswerthes Resultat: Er fand nämlich, dass die Kreuzung zwischen den Eiern von Rana fusca und Triton nicht zu jeder Zeit glückte, dass während vor dem 23. April fast alle Versuche ein positives Resultat ergaben, nach dem 23. April alle negativ ausfielen. Er erklärt diese Erscheinung daraus, dass die Eier den Höhepunkt ihrer Entwicklung überschritten hatten, und stellt den Satz auf:

„Wenn Bastardbefruchtung ein positives Ergebniss erzielen soll, so müssen Ei und Same auf dem Höhepunkt ihrer Entwickelung und Empfänglichkeit für die Zeugung angelangt sein. Zu einer Zeit, wo das Ei auf den Samen der eigenen Art noch kräftig reagirt und sich in normaler Weise entwickelt, kann es die Empfänglichkeit für den Samen einer anderen Art, für die Bastardbefruchtung, bereits total verloren haben.“

Eine nicht minder interessante und wichtige Reihe von Untersuchungen verdanken wir den Bemühungen von Born[1]), welcher hauptsächlich mit Rana arvalis und Rana fusca, mit Bufo communis und Bufo variabilis, mit Bufo communis und Rana fusca experimentirt hat und zu folgenden Ergebnissen gelangt ist:

„Unter gewissen Bedingungen lassen sich die Eier von Rana arvalis mit Samen von Rana fusca befruchten, sie furchen sich regulär ab und lassen sich bis zur Umwandlung aufziehen. Das Gelingen der Bastardirung hängt in ausserordentlicher Weise von dem Umstande ab, dass die benutzten Thiere sich auf der vollen Höhe der Brunst befinden. In mehreren Versuchen zeigte sich die bastardirende Kraft des Samens der einheimischen Rana fusca für Eier von Rana arvalis vollständig erschöpft. Desgleichen wird die Bastardirung in merkwürdiger Weise von der Concentration der benutzten Samenflüssigkeit beeinflusst; bei Verdünnungen der Samenflüssigkeiten, welche bei normaler Befruchtung noch die besten Resultate geben, erfolgt bei der Bastardirung so gut wie gar keine Furchung. Bei geringerer Verdünnung furcht sich die Mehrzahl der Eier nach dem regulären Typus; mit ganz unvermischtem Samen wird eine eigenthümliche Art von ganz unregelmässiger Furchung hervorgerufen, die durch das gleichzeitige Auf-

---

[1]) Born, Beiträge zur Bastardirung zwischen den einheimischen Anurenarten. Archiv f. Physiologie Bd. XXXII.

treten zahlreicher polygonaler Felder ausgezeichnet ist und zur schleunigen Decomposition der Eier führt." Born bezeichnet dieselbe als Barockfurchung und hat über sie in einer vorläufigen Mittheilung [1]) kürzlich berichtet, dass sie durch das gleichzeitige Eindringen zahlreicher Spermatozoen hervorgerufen werde.

Zum Theil ähnliche Resultate gewann Born an anderen Objecten, worüber das Nähere aus der citirten Abhandlung zu ersehen ist. — Er sucht nun für den ungleichen Ausfall der Bastardirung bei verschiedenen Arten, sowie für die Ungleichheit des Resultats, welches je nach der Concentration der angewandten Samenflüssigkeit erhalten wird, einen Erklärungsgrund in der ungleichen Beschaffenheit der Spermatozoen. Er macht aufmerksam auf die verschiedene Form des Samenfadenkopfes bei Rana fusca, Rana arvalis und esculenta, Bufo und Bombinator, sowie darauf, dass die Spermatozoen entfernter stehender Arten, die sich bastardiren lassen, einander oft ähnlicher sind, als diejenigen nahe verwandter. In Zusammenhang hiermit schreibt er ihnen eine verschiedene Fähigkeit zu in Bezug auf das Durchdringen durch verschieden gebaute Gallerthüllen.

Ausserdem aber glaubt Born auch noch namentlich zur Erklärung der Erscheinungen der regulären oder irregulären Furchung uns unbekannte individuelle Verschiedenheiten zwischen den Spermatozoen ein und derselben Art annehmen zu müssen, in Folge dessen die Eier in ungleicher Weise auf sie reagiren. So laufen nach Born's Ansicht die Vorgänge, die durch das Nahen oder Eindringen der ersten Spermatozoen der eigenen Art im Ei angeregt werden und die dazu führen, die nachfolgenden Spermatozoen auszuschliessen, bei der Bastardirung auf den inäquaten Reiz der fremden Spermatozoen so langsam und so unvollkommen ab, dass, wie bei Fol's geschwächten Eiern, unter Umständen noch mehrere Spermatozoen einzudringen vermögen und dann einen raschen unregelmässigen Zerfall der Eier in ungleiche, kleine und grosse Theilprodukte hervorrufen.

In demselben Heft des physiologischen Archivs, in welchem Born's Arbeit erschienen ist, hat Pflüger [2]) noch eine zweite ausführlichere und an Thatsachen reiche Abhandlung über „die

---

[1]) G. Born, Ueber die inneren Vorgänge bei der Bastardbefruchtung der Froscheier. Breslauer ärztliche Zeitschrift, 23. August 1884.

[2]) Pflüger, Untersuchungen über Bastardirung der anuren Batrachier und die Principien der Zeugung. Archiv f. Physiologie. Bd. XXXII, 1883.

Bastardirung der anuren Batrachier und die Principien der Zeugung“ veröffentlicht. Durch Kreuzung von 10 verschiedenen Krötenarten zeigte er, dass bald reciproke, bald nur einseitige, bald gar keine Bastardirung möglich ist; dass mit wenigen Ausnahmen die Bastarde bald absterben, dass Bastardirung zwischen nahe verwandten Arten erfolglos bleiben kann, während sie bei entfernter stehenden möglich ist, dass bei der Kreuzbefruchtung neben regulären immer auch mehr oder minder irreguläre Entwicklungen und unbefruchtete Eier vorkommen.

Indem Pflüger nach den Ursachen des so ungleichen und scheinbar regellosen Erfolges der Kreuzbefruchtung forscht, hält er es für sehr wahrscheinlich, dass die irreguläre Furchung sowohl als der ganz negative Erfolg bei der Kreuzung der Anuren nur secundären und nebensächlichen Complicationen ihren Ursprung verdanken. Das wahre Gesetz sei wahrscheinlich: „reciproke Fruchtbarkeit bei allen Arten mit normaler Furchung und — mit seltenen Ausnahmen — Absterben während der ersten Entwicklung.“ Doch sollen sich die Geschlechtsprodukte nur während kurzer Zeit in einem Stadium befinden, in welchem sie sich zur Bastardirung eignen. „Dieses Stadium“, bemerkt Pflüger, „fällt in die Hochbrunst. Nach Ablauf derselben reagiren dieselben Eier noch ganz normal auf den Samen der eigenen Art. Diese Thatsache zeigt, dass auch das unbefruchtete Ei und der Same vor der Befruchtung in einer continuirlichen inneren Veränderung begriffen sind. Scharf ausgesprochen und sehr auffallend ist dieses Gesetz für das Ei gültig, während der Same viele Wochen vor und nach der Hochbrunst noch immer Bastardbefruchtung ermöglicht.“

Die so häufig zu beobachtende Einseitigkeit der Bastardbefruchtung führt auch Pflüger auf grob mechanische, secundäre Ursachen zurück. In ähnlicher Weise wie Born legt er ein besonderes Gewicht auf die Beschaffenheit der Spermatozoen, indem er glaubt constatirt zu haben, dass 1) im Allgemeinen diejenigen Spermatozoen am geeignetsten sind zur Vermittelung der Bastardzeugung, deren Kopf am dünnsten und deren vorderes Ende am spitzesten ist; und dass 2) im Allgemeinen die Eier der Bastardbefruchtung am zugänglichsten sind, wenn die zugehörigen Spermatozoen derselben Art dickere Köpfe haben.“

Zu dieser Erklärung wurde Pflüger veranlasst, weil die Spermatozoen von Rana fusca, die fast alle Eier befruchten, unter allen Arten den dünnsten Kopf haben, der ausserdem sehr spitz

ausläuft, weil ferner die dickköpfigsten Spermatozoen mit stumpfer vorderer Spitze, wie diejenigen von Rana arvalis und R. esculenta, kein fremdes Ei befruchten können. Am meisten aber findet er seine Ansicht dadurch bestätigt, dass gerade die beiden Arten, welche Spermatozoen mit gleich geformten und gleich grossen Köpfen besitzen, Rana esculenta und R. arvalis, vollkommen reciproke Bastardbefruchtung zeigen. Pflüger setzt daher bei den Eiern die Anwesenheit einer Mikropyle voraus, die gerade so weit ist, dass das Spermatozoon der eigenen Art passiren kann.

Die Unregelmässigkeit der Furchung glaubt Pflüger nicht auf das Eindringen vieler Spermatozoen, wie Born annimmt, zurückführen zu müssen, sondern eher darauf, dass bei allen Bastardirungsversuchen dem fremden Samen ein besonderes Hinderniss im Wege stehe, um zu dem Eie vorzudringen, zum Beispiel, die Beschaffenheit der Gallerthülle oder die Enge der Mikropyle. Er denkt sich den Vorgang so, dass Samenfäden auf ihrem Wege stecken bleiben, obwohl schon die Spitze des Kopfes in den Dotter eingedrungen ist, während der übrige Theil des Kopfes noch in der Eihaut und der umgebenden Gallerte haftet, oder dass bei Vorhandensein einer Mikropyle die Spitze des Kopfes eindringt und den Dotter erreicht, der dickere Theil des Kopfes aber wegen Enge der Mikropyle sich festkeilt. In derartigen Fällen soll der in den Dotter eingedrungene Theil des Kopfes eines plötzlich festgehaltenen Spermatozoons in Partikel zerfallen und dadurch die Bedingung zu abnormer Furchung geben. Den Vorgang, in welchem nur in grösserer Zahl abgerissene Theile eines Spermatozoon befruchten, nennt Pflüger eine „fractionirte Befruchtung".

Nach diesem historischen Überblick wenden wir uns zur Besprechung der allgemeinen Resultate, welche sich aus unseren eigenen Experimenten und aus denen der angeführten Forscher gewinnen lassen, wobei sich zugleich in mehrfacher Hinsicht Übereinstimmungen, in anderer Hinsicht Differenzpunkte ergeben werden.

Übereinstimmung findet statt in der Feststellung folgender allgemeiner Erscheinungen, welche in gleicher Weise bei der Bastardirung der Amphibien und der Echinodermen wiederkehren.

Erstens: Das Gelingen oder Nichtgelingen der Bastardirung hängt nicht ausschliesslich von dem Grade der systematischen Verwandtschaft der gekreuzten Arten ab.

Wir können beobachten, dass Arten, die in äusserlichen Merkmalen sich kaum von einander unterscheiden, sich nicht kreuzen lassen, während es zwischen relativ entfernt stehenden, verschiedenen Familien und Ordnungen angehörenden Arten möglich ist.

Die Amphibien liefern uns hier besonders treffende Beispiele. Rana arvalis und Rana fusca stimmen in ihrem Aussehen fast vollständig überein, trotzdem lassen sich die Eier der letzteren mit dem Samen der ersteren nicht befruchten, während in einzelnen Fällen Befruchtung mit dem Samen von Bufo communis und sogar von Triton möglich war. Dieselbe Erscheinung liess sich, wenn auch weniger deutlich bei den Echinodermen constatiren.

Immerhin muss aber im Auge behalten werden, dass die systematische Verwandtschaft für die Möglichkeit der Bastardirung ein wichtiger Factor ist. Denn zwischen Thieren, die soweit auseinander stehen, wie Amphibien und Säugethiere, Seeigel und Seesterne, ist noch niemals eine Kreuzbefruchtung erzielt worden.

Dafür, dass ausser dem Grade der systematischen Verwandtschaft auch noch andere Factoren ins Spiel kommen, spricht nichts deutlicher als die **zweite Reihe** der allgemeinen Erscheinungen, welche wir in Übereinstimmung mit PFLÜGER und BORN auch bei den Echinodermen haben constatiren können. In der Kreuzbefruchtung zweier Arten besteht sehr häufig keine Reciprocität.

Alle möglichen Abstufungen finden sich hier. Während Eier von Echinus microtuberculatus sich durch Samen von Strongylocentrotus lividus fast ohne Ausnahme befruchten lassen, wird bei Kreuzung in entgegengesetzter Richtung nur in wenigen Fällen eine Entwickelung hervorgerufen. Die Befruchtung frischen Eimaterials von Strongylocentrotus lividus durch Samen von Arbacia pustulosa bleibt erfolglos, dagegen entwickeln sich von Arbacia pustulosa immerhin einige Eier, wenn ihnen Samen von Strongylocentrotus lividus hinzugefügt wird, und so ähnlich noch in anderen Fällen. Es ist zur Zeit somit gar nicht möglich, gesetzmässige Beziehungen zwischen Bastardirungen in entgegengesetzter Richtung nachzuweisen.

Sicher gestellt ist endlich eine **dritte** Thatsache! Für das Gelingen oder Nichtgelingen der Bastardirung ist die jeweilige Beschaffenheit der zur Kreuzung verwandten Geschlechtsproducte von Wichtigkeit.

Pflüger und Born haben bei den Amphibien, wir bei den Echinodermen nachgewiesen, dass die Eier einer Art A sich mit dem Samen B unter bestimmten Verhältnissen und zu bestimmten Zeiten kreuzen lassen, in anderen Fällen wieder nicht. In den Geschlechtsproducten ist, wenn man so sagen darf, eine veränderliche Disposition für die Bastardirung vorhanden. Dies lässt sich schon aus dem einfachen Umstande, der bei allen Versuchen wird beobachtet werden können, erschliessen, dass von Eiern, die bastardirt werden sollen, sich immer nur ein grösserer oder geringerer Procentsatz entwickelt, während der Rest gegen den Samen der anderen Art unempfänglich ist, sich aber bei Zusatz von Samen der eigenen Art sofort befruchten lässt. Nur selten sind solche Fälle, in denen sich die Eier einer Art ausnahmslos gegen fremden Samen, ganz ebenso wie gegen eigenen verhalten. Bei allen von uns untersuchten Echinodermenarten trat dies nur ein bei den Eiern von Echinus mikrotuberculatus, wenn sie mit Samen von Strongylocentrotus lividus befruchtet wurden.

Während wir in den eben angeführten drei Sätzen zu denselben Ergebnissen, wie Pflüger und Born gelangt sind, ergeben sich Meinungsverschiedenheiten in einigen anderen nicht minder wichtigen Punkten.

So weichen wir erstens von Pflüger und Born ab bei der Beantwortung der Frage: welches von beiden Geschlechtsproducten das veränderliche ist, und wie sich die Veränderlichkeit in den verschiedenen Stadien der Entwickelung äussert.

Nach Pflüger und Born eignen sich die Sexualproducte am meisten zur Bastardirung auf der Höhe der Brunst, das heisst: zur Zeit, in welcher sich aller Wahrscheinlichkeit nach die Geschlechtsproducte auf der Höhe ihrer Entwickelung befinden und somit die grösste Lebensenergie besitzen.

Zu Gunsten dieser Ansicht führt Pflüger Versuche an, die am 21. und 22. April angestellt wurden und das auffallende Resultat ergaben, dass kein Ei der Rana arvalis mehr durch den Samen der Rana fusca befruchtet werden konnte, obwohl dies vorher in ergiebiger Weise möglich war, und obwohl dieselben Eier sehr energisch auf den Samen der eigenen Art, ja sogar auf den Samen der Rana esculenta reagirten.

Born berichtet, dass in seinen Bastardirungsversuchen zuerst die Männchen der einheimischen Rana fusca versagten. „Am

26. April gelang mit denselben", heisst es in der oben angeführten Abhandlung, „keine einzige Bastardirung mehr, während, wie ich aus anderen Versuchen weiss, der Samen der Rana fusca für die Eier der eigenen Art noch wirksam war. Am 25. April war mit einem Männchen noch eine Bastardirung gelungen, die andere nicht. Auch schon in den vorhergehenden Tagen war ein Nachlassen der Wirkung des Samens der Rana fusca im Vergleich zu dem ersten Versuch, der noch während der eigentlichen Brunstzeit ausgeführt wurde, die dieses Jahr hier etwa am 20. April ablief, merklich. Die Eier der Rana arvalis furchten sich bis zum 26. April nicht nur bei Zusatz der (verdünnten) Samenflüssigkeit der eigenen Art in fast vollkommener Weise, sondern liessen sich noch am 28. April mit der Samenflüssigkeit frisch angelangter Schweizer Frösche, die sich noch in Brunst befanden, mit gleichem Erfolge wie im ersten Versuche bastardiren, obgleich zur selben Zeit auch kein einziges trächtiges Weibchen von Rana arvalis im Freien mehr aufzutreiben war".

In den Angaben von Pflüger und Born ist ein Differenzpunkt bemerkenswerth. Pflüger legt das Hauptgewicht darauf, dass sich vornehmlich die Eier auf dem Höhepunkt ihrer Entwickelung befinden. Das von ihm aufgestellte Gesetz, bemerkt er, sei besonders für das Ei gültig, während der Same viele Wochen vor und nach der Hochbrunst noch immer Bastardbefruchtung ermögliche. Demgemäss leitet er auch die von Born erzielten besseren Bastardirungsresultate von dem Umstande ab, dass dieser frischere Eier der Rana arvalis benutzen konnte.

Born dagegen lässt in der befruchtenden Kraft des zur Bastardirung verwandten Sperma Veränderungen eintreten. Auch der Concentration der benutzten Samenflüssigkeit schreibt er eine Bedeutung für den Erfolg der Bastardirung zu. Nach seinen Beobachtungen haben Verdünnungen des Samens oder des Hodensaftes, welche die Eier der eigenen Art ausnahmslos befruchten, auf die Eier der Rana arvalis gar keine Wirkung mehr zur selben Zeit und in denselben Versuchen, wo stärkere Samenflüssigkeiten die Erscheinungen der Barockfurchung hervorriefen.

Das Untersuchungsmaterial, auf welches Pflüger und Born angewiesen waren, hat unzweifelhaft eine Reihe von Nachtheilen, welche bei der Beurtheilung ihrer Resultate in Anrechnung gebracht werden müssen. Erstens ist es schwierig, das ungefähre Alter der Sexualprodukte, namentlich bei den Weibchen, auch nur ungefähr zu bestimmen. Bekanntlich erfolgt die Entleerung der

Eier bei den Batrachiern nur unter Beihülfe des Männchens; ist letztere, wie es doch bei Bastardirungen nicht anders sein kann, ausgeschlossen, so verweilen die Eier im Uterus, bis sie sich zersetzen. Da nun wohl nur in den seltensten Fällen der Zeitpunkt der eigentlichen Eireife, welcher durch die Loslösung der Eier aus dem Ovar und ihren Uebertritt in den Uterus gegeben ist, hat bestimmt werden können, so konnten die genannten Forscher auch nicht ermitteln, in welchem Zeitpunkt der Entwicklung sich das Eimaterial ihrer Experimente befand, wie weit es sich der Zeit des Zerfalls genähert hatte.

Ein zweiter Uebelstand ist darin gegeben, dass die Sexualprodukte der Amphibien unter dem Einfluss der Gefangenschaft leiden. Wie viel mehr müssen dieselben alterirt werden, wenn sich zu diesen Nachtheilen noch die schädigenden Einflüsse eines Transports auf weite Strecken hinzugesellen.

Drittens ist der Experimentator bei den meisten Amphibien auf einen kurzen Zeitraum angewiesen, da die Geschlechtsthätigkeit sich auf den Zeitraum weniger Wochen zusammendrängt.

In allen diesen Punkten bieten die Echinodermen günstigere Bedingungen. Man findet hier zu jeder Zeit, wenn auch nicht immer gleich häufig, geschlechtsreife Thiere, da jedes Thier wiederholt im Jahr, wie es scheint, in vierwöchentlichen Intervallen seine Sexualprodukte zur Reife bringt. Die Eier werden aus dem Ovar direct nach aussen entleert, auch wenn nicht die Nähe eines Männchens als Reiz wirkt. Man findet endlich Thiere von verschiedenen Arten gleichzeitig geschlechtsreif. Das sind die Gründe, warum wir wesentlich andere und vor Allem constantere Resultate erzielt haben als Pflüger und Born, und weshalb wir glauben, für dieselben grössere Sicherheit beanspruchen zu können.

Unsere Resultate sind nun folgende:

Der verschiedene Erfolg der Bastardirungsexperimente hängt fast ausschliesslich von der Veränderlichkeit der Eier ab.

Am schlagendsten geht dies hervor aus unseren Experimenten, die nach der Methode der successiven Nachbefruchtung vorgenommen wurden. Da die Echinodermeneier sich, ohne ihre Entwicklungsfähigkeit zu verlieren, 24 bis 48 Stunden in Meerwasser conserviren lassen, so kann der Experimentator ein und dasselbe Ei-Quantum zu wiederholten Malen und zu verschiedenen Zeiten mit fremdem Samen kreuzen. Da ferner das Eindringen der Sper-

matozoen durch keine Hüllbildung oder andere Verhältnisse erschwert wird, so kommt hier bei Zusatz einer genügenden Samenmenge jedesmal ein jedes Ei ohne Ausnahme mit mehreren Spermatozoen in Berührung, wie man denn auch immer deren viele der Eioberfläche bei mikroskopischer Untersuchung anhaften sieht.

Wir haben nun gefunden, dass Eier, welche gleich nach ihrer Entleerung aus dem strotzend gefüllten Eierstock bastardirt wurden, das fremde Spermatozoon zurückwiesen, es aber nach 10, 20 oder 30 Stunden bei der zweiten oder dritten oder vierten Nachbefruchtung in sich aufnahmen und dann sich normal weiter entwickelten. Das Resultat fiel immer in derselben Weise aus, mochten wir die Eier von Strongylocentrotus lividus mit Samen von Sphaerechinus granularis oder von Echinus mikrotuberculatus, oder mochten wir die Eier von Sphaerechinus granularis mit Samen von Strongylocentrotus lividus und so weiter kreuzen.

Das Gelingen oder Nichtgelingen der Bastardirung kann in unseren Fällen nicht auf eine Verschiedenheit des Samens zurückgeführt werden, da derselbe jedesmal neu aus dem strotzend gefüllten Hoden entnommen wurde und daher bei den Versuchen als ein relativ constant bleibender Factor angesehen werden konnte. Hier ist es über jeden Zweifel erhaben, dass sich allein die Eizelle in ihrem Verhalten gegen die Einwirkung des fremden Samens verändert hatte.

Wenn aber überhaupt in der Eizelle Veränderungen eintreten oder künstlich hervorgerufen werden können, in Folge deren die Bastardirung gelingt, dann muss es vom theoretischen Standpunkte aus auch möglich sein, die Geschlechtsprodukte zweier Arten, zwischen denen ein gewisser Grad sexueller Affinität besteht, auch ohne Zurückbleiben eines unbefruchteten Restes zu bastardiren. Man wird dann je nach den Bedingungen, unter denen man die Geschlechtsprodukte zusammenbringt, ein Minimum und ein Optimum der Bastardirungsfähigkeit unterscheiden können.

Auch hierüber haben unsere Experimente Licht verbreitet, indem wir das Eimaterial eines Weibchens in mehrere Portionen theilten und zu ungleichen Zeiten befruchteten. Stets erhielten wir hier den geringsten Procentsatz Bastarde, wenn den Eiern gleich nach Entleerung aus den Ovarien der fremde Samen zugesetzt wurde. Hierbei haben wir keine Unterschiede constatiren können, ob die Eier aus einem strotzend gefüllten Eierstock stammten, oder ob es die ersten Eier einer neu beginnenden Fort-

pflanzungsperiode waren oder ob sie den zurückgebliebenen Rest eines vor einiger Zeit entleerten Eimaterials darstellten. — Je später die Befruchtung geschah, sei es nach 5 oder 10 oder 20 oder 30 Stunden, um so mehr wuchs der Procentsatz der bastardirten Eier, bis schliesslich ein Bastardirungsoptimum erreicht wurde. Als solches bezeichnen wir das Stadium, in welchem sich fast das gesammte Eiquantum, mit Ausnahme einer geringen Zahl in normaler Weise entwickelt. Dasselbe ist, da sich in den Eiern innere Veränderungen ohne Unterbrechung weiter abspielen, von kurzer Dauer. Dann beginnt der Procentsatz der in Folge von Bastardbefruchtung sich normal entwickelnden Eier wieder abzunehmen und zwar hauptsächlich deshalb, weil ein immer grösser werdender Theil in Folge des Eindringens mehrerer Spermatozoen sich ganz unregelmässig theilt und missgebildet wird.

Die Erfolge, die man erhält, wenn das Eimaterial zu verschiedenen Zeiten gekreuzt wird, kann man sich unter dem Bild einer auf- und absteigenden Curve darstellen, deren Höhepunkt das Bastardirungsoptimum bezeichnet. Zur Veranschaulichung diene folgende Versuchsreihe einer Kreuzung der Eier von Sphaerechinus granularis mit Samen von Strongylocentrotus lividus.

1) Befruchtung nach $\frac{1}{4}$ Stunde:
Aeusserst vereinzelte Eier entwickeln sich. Bastardirungsminimum.

2) Befruchtung nach $2\frac{1}{4}$ Stunde:
Etwa 10 % entwickeln sich normal.

3) Befruchtung nach $6\frac{1}{4}$ Stunde:
Etwa 60 % entwickeln sich normal.

4) Befruchtung nach $10\frac{1}{4}$ Stunde:
Alle Eier entwickeln sich mit Ausnahme von 5 %. Bastardirungsoptimum.

5) Befruchtung nach 25 Stunden:
Ein Theil entwickelt sich normal, ein zweiter in unregelmässiger Weise, ein kleiner Rest bleibt unbefruchtet.

Man sieht, das Resultat ist ein entgegengesetztes, als es Pflüger für die Amphibien darstellt. Bei den Echinodermen lassen sich die Eier, nicht wenn sie am lebenskräftigsten sind, sondern bei abnehmender Lebensenergie durch Sperma einer anderen Art befruchten. Den Zeitpunkt grösster Lebensenergie verlegen wir bei normalen Verhältnissen in das Stadium der Eientleerung und nehmen an,

dass von da ab die Lebensenergie eine allmähliche Abnahme erfährt. Wir können hierfür ganz bestimmte Beweise beibringen.

Am lebenskräftigsten sind doch unzweifelhaft die Eier, bei welchen sich die Dotterhaut unter dem Einfluss der Befruchtung rasch abhebt und nur ein Spermatozoon eindringt. Nun kann man regelmässig sehen, wie proportional der Zeitdauer, welche die Eier nach der Entleerung im Wasser verweilen, sich die Membran langsamer abhebt, wie sie später zwar abgehoben, aber nur durch einen minimalen Spalt von der Eioberfläche getrennt wird. Noch später unterbleibt die Abhebung der Eimembran, es tritt Polyspermie ein, die Entwicklung wird pathologisch, endlich erhalten wir völlige Entwicklungsunfähigkeit, die mit Zerfall der Eier abschliesst. Wir haben so eine Reihe von äusserst prägnanten Zeichen abnehmender Lebensenergie.

Je geringer nun die Affinität der Sexualprodukte ist, um so weiter rückt das Bastardirungsoptimum in die Stadien abnehmender Lebensenergie der Eizellen hinaus. Zum Beispiel lassen sich die Eier von Echinus mikrotuberculatus sämmtlich noch mit abgehobener Eimembran bei Zusatz des Samens von Strongylocentrotus lividus befruchten; wenn wir aber Eier von Sphaerechinus granularis und Samen von Strongylocentrotus lividus anwenden, so rückt das entsprechende Optimum der Bastardirung in die Zeit hinaus, wo die Eimembran nur unvollkommen abgehoben wird. Eine weitere Verschiebung des Optimum liess sich bei den übrigen Kreuzungen erkennen.

Wir sind nun der Ansicht, dass bei den Amphibien die gleichen Verhältnisse vorliegen. Wenn daher Pflüger den günstigsten Moment der Bastardirung in die Zeit der höchsten Geschlechtsreife der Eier verlegt, so glauben wir, dass dieser Moment bei seinen Versuchen schon vorüber war und dass das Eimaterial schon gelitten hatte. Diese Annahme hat durchaus nichts Unwahrscheinliches, wenn wir, worauf schon oben aufmerksam gemacht wurde, in Erwägung ziehen, dass die Eier beim Transport der Thiere leiden, dass bei der Trennung der Pärchen das Fortpflanzungsgeschäft gestört wird und dass es nicht möglich ist, das Alter der Eier zu bestimmen. Auch findet diese Annahme noch in einigen Angaben von Pflüger und Born über die weitere Entwicklung eine neue Stütze. Beide Forscher haben nämlich fast in allen Fällen, in denen Bastardbefruchtung erzielt werden konnte, auch beobachtet, dass neben den normal sich entwickelnden Bastardeiern stets eine kleinere oder grössere Zahl missgebildeter und

barockgefurchter Eier vorhanden waren. Die Barockfurchung ist durch Eindringen zahlreicher Spermatozoen veranlasst worden. Letzteres aber ist wiederum ein Zeichen, dass die Eier nicht mehr ganz frisch waren. Wir verallgemeinern hier unsere bei Echinodermen gewonnenen Erfahrungen, wozu wir um so mehr Veranlassung haben, als sowohl Pflüger wie Born für die Amphibien festgestellt haben, dass wenn die Eier derselben aus irgend welchen Gründen gelitten haben, sie sich auch bei Zusatz des Samens der eigenen Art abnorm furchen. So kann man z. B. abnorme Furchung auf künstlichem Wege hervorrufen, wenn man das getödtete Weibchen von Rana fusca mit geöffnetem Bauch mehrere Tage liegen lässt, ehe man die Befruchtung vornimmt.

Unsere Meinung geht daher schliesslich dahin: Man wird bei den Amphibien gerade so wie bei den Echinodermen am leichtesten Bastarde züchten, wenn man geschwächte Eier mit recht lebenskräftigem Samen einer anderen Art vermischt. Das Bastardirungsminimum wird dann mit dem Anfang der Brunst, wo die Geschlechtsproducte am lebenskräftigsten sind, zusammenfallen.

Ob diese Vermuthung richtig ist, wird durch eine erneute Untersuchung leicht festzustellen sein.

Im Hinblick auf die von uns bewiesene Thatsache, dass die Eier in Bezug auf ihre Bastardirungsfähigkeit inconstante Factoren sind, wird jetzt auch der verschiedene Ausfall solcher Bastardirungsversuche, in denen man mit scheinbar frischem Material operirt, verständlich werden. Denn wenn man auch die zur Kreuzung benutzten Eier nicht künstlich geschädigt hat, so können dieselben doch schon durch mancherlei andere schwer zu beurtheilende Factoren in ihrer Lebenenergie gelitten haben, wie durch das Alter der Versuchsthiere, durch den mangelhaften Gesundheitszustand derselben etc. etc. Hieraus erklärt es sich, warum unsere Experimente oft etwas verschieden ausfielen, je nachdem wir die Eier von ganz frisch eingefangenen Thieren, sei es von Strongylocentrotus lividus oder von Sphaerechinus granularis, oder die Eier von solchen Thieren, die schon ein, zwei oder drei Tage in Gefangenschaft gehalten worden waren, sofort mit fremdem Samen befruchteten. Im ersteren Falle erzielten wir eine geringere, im letzteren eine grössere Anzahl von Bastarden, da die Schwächung des Eimaterials schon während des Lebens des Thieres im Ovarium erfolgt war.

Aus unserem Princip scheint sich auch eine Erklärung der bekannten Thatsache zu bieten, dass domesticirte Thier- und Pflan-

zenarten sich im Allgemeinen leichter kreuzen lassen, als nahe verwandte Arten im Naturzustande. Durch die Domestication wird eben im Ganzen die Constitution geschwächt, was sich dann besonders an den Geschlechtsproducten geltend macht, da, wie bekannt, der Generationsapparat bei allen Veränderungen im Körper in Mitleidenschaft gezogen wird.

Bisher haben wir immer mit dem männlichen Samen als mit einem constanten Factor rechnen können, da wir jedesmal möglichst frischen Samen zur Kreuzbefruchtung verwandt haben. Sollte nun aber der Erfolg der Bastardirung nicht auch durch eine verschiedene Beschaffenheit der Samenflüssigkeit beeinflusst werden können?

Bei den Echinodermen haben wir dieser Frage, auf welche wir uns vorbehalten später noch einmal zurückzukommen, aus Mangel an Zeit unsere Aufmerksamkeit nicht zuwenden können. Soweit wir aber bemerkt haben, scheint die Beschaffenheit des Sperma für den Ausfall der Experimente von geringer Bedeutung zu sein. Möglicher Weise liegen bei den Amphibien die Verhältnisse etwas anders, indem durch den Entwickelungszustand der Spermatozoen eine weitere Complication in das Experiment eingeführt wird.

Born giebt an, dass zum Gelingen der Kreuzung recht lebenskräftiger Samen zur Zeit der Hochbrunst erforderlich ist. Mehrfach wird hervorgehoben, dass bei den Versuchsthieren die bastardirende Kraft des Samens vollständig erschöpft gewesen sei. So liessen sich in einem Falle die Eier von Rana arvalis mit Samen der einheimischen Rana fusca nicht mehr bastardiren, während es noch zwei Tage darauf mit frischen Ranae fuscae, welche aus Glarus gesandt worden waren, gelang. Desgleichen versagten in anderen Versuchen ebenfalls zuerst die Männchen der einheimischen Ranae fuscae. Am 26. April gelang mit ihnen keine einzige Bastardirung mehr, doch war ihr Same noch wirksam für die Eier der eigenen Art.

Pflüger ist freilich anderer Anschauung als Born. Nach seinen Beobachtungen ermöglicht der Same der Amphibien viele Wochen vor und nach der Hochbrunst noch immer Bastardbefruchtung, und ist das Gesetz, nach welchem die Bastardbefruchtung allein auf dem Stadium der Hochbrunst gelingt, nur für das Ei scharf ausgesprochen und gültig.

Auch für die Amphibien kann mithin die Frage nach dem

Verhalten der Spermatozoen bei der Bastardbefruchtung noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden.

Ein zweiter Differenzpunkt zwischen unseren Vorgängern und uns ergiebt sich, wenn wir nach den Ursachen forschen, durch welche Bastardbefruchtung verhindert wird.

Pflüger stellt die Hypothese auf, dass alle zur Zeit der Hochbrunst rein negativ ausfallenden Kreuzungen zwischen den verschiedenen Arten der Anuren nur durch secundäre, d. h. unwesentliche äussere Umstände zu erklären seien. Das wahre Gesetz sei wahrscheinlich: reciproke Fruchtbarkeit bei allen Arten, normale Furchung der Eier und Absterben während der ersten Entwickelung. Eine sehr wesentliche aber grob mechanische, secundäre Ursache, durch welche in den meisten Fällen das Gelingen der Bastardbefruchtung verhindert werde, glaubt Pflüger in der Form der Spermatozoenköpfe gefunden zu haben. Durch einen Vergleich der von ihm erhaltenen Kreuzungsresultate und der Form der Spermatozoen bei den verschiedenen Anurenarten wird er zur Aufstellung zweier Sätze veranlasst: 1) dass im Allgemeinen diejenigen Spermatozoen am geeignetsten sind zur Vermittelung der Bastardzeugung, deren Kopf am dünnsten und deren vorderes Ende am spitzesten ist; 2) dass im Allgemeinen die Eier der Bastardbefruchtung am zugänglichsten sind, wenn die zugehörigen Spermatozoen derselben Art dickere Köpfe haben. Er setzt deshalb die Anwesenheit einer Mikropyle voraus, die gerade so weit ist, dass das Spermatozoon der eigenen Art passiren kann.

Als Beleg für diese Hypothese werden hauptsächlich die Samenfäden von Rana fusca aufgeführt, welche unter allen Arten den dünnsten und sehr spitz auslaufenden Kopf haben. Sie befruchten fast alle Eier, auf die sie einwirken: die Eier von Rana arvalis, Rana esculenta, Bufo communis, während umgekehrt die dickköpfigen Spermatozoen von Rana arvalis und R. esculenta mit stumpfem Kopfende in das Ei der Rana fusca nicht einzudringen vermögen und überhaupt kein fremdes Ei befruchten können. Die auffallendste Bestätigung seiner Hypothese aber findet Pflüger darin, dass gerade die beiden Anurenarten, welche Spermatozoen mit gleichgeformten und gleich grossen Köpfen besitzen, R. arvalis und R. esculenta, vollkommen reciproke Bastardbefruchtung zeigen.

Auch Born legt für das Gelingen der Bastardirung ein grosses Gewicht auf die Form der Samenfäden und nimmt eine verschiedene Fähigkeit derselben in Bezug auf das Durchdringen verschie-

den gebauter Gallerthüllen an. Er erklärt hieraus die von ihm beobachtete Erscheinung, dass je nach der Concentration der benutzten Samenflüssigkeit die Resultate etwas verschieden ausfallen, weil bei steigender Concentration die Wahrscheinlichkeit wächst, dass von vielen 1000 Samenfäden wenigstens einer durch die Gallerthüllen glücklich in das Ei gelangt. Ausserdem lässt er es noch von unbekannten individuellen Verschiedenheiten der Spermatozoen abhängen, ob bei der Bastardirung der Verlauf des Befruchtungsvorganges zum normalen Ziele führt oder nicht und ob dementsprechend reguläre oder irreguläre Furchung auftritt.

Nach unseren an den Echinodermen gesammelten Erfahrungen müssen wir einen abweichenden Standpunkt einnehmen.

Bei den Echinodermen wird die Befruchtung nicht durch Hüllbildungen, wie bei den Amphibien, oder dadurch, dass die Spermatozoen im Wasser rasch absterben, erschwert. Eine Mikropyle fehlt. Für den besseren oder geringeren Erfolg der Bastardirung kann die äussere Form der Spermatozoen nicht verantwortlich gemacht werden. Denn selbst bei den stärksten Vergrösserungen ist es uns nicht möglich gewesen zwischen den reifen Samenfäden eines Sphaerechinus oder Strongylocentrotus oder einer Arbacia Unterschiede in Form und Grösse zu entdecken. Aber auch selbst dann, wenn hier Verschiedenheiten beständen, würde bei den Echiniden nicht einzusehen sein, warum ein Spermatozoon von bestimmter Beschaffenheit in die Eier der einen Art leichter als in die Eier einer anderen Art hineindringen sollte, da sie sich in ihren Hüllen nicht unterscheiden und eine Mikropyle fehlt. Auch die Quantität des hinzugefügten Sperma ist ohne Einfluss, wie wir durch eine Versuchsreihe nachgewiesen haben. Es kommen also alle jene äusseren Momente in Wegfall, welche nach Born und Pflüger das Resultat der Kreuzung bei den Amphibien bestimmen sollen.

Wenn wir trotzdem bei den Echiniden gesehen haben, dass bei ihnen gerade so wie bei den Amphibien die Kreuzung zwischen manchen Arten besser, zwischen anderen wieder weniger gut gelingt, dass hier die Befruchtung eine reciproke, dort eine einseitige ist, dass die Eier ein und derselben Art ihre Empfängnissfähigkeit gegen den Samen einer anderen Art verändern, so müssen die Ursachen in einer ganz anderen Richtung gesucht werden.

Es kann nur die Constitution oder die innere Organisation der Geschlechtsprodukte selbst sein,

welche das Gelingen der Kreuzbefruchtung bestimmt. Volle Fruchtbarkeit, oder wie wir, an chemische Bezeichnungen anknüpfend, auch sagen können, volle geschlechtliche Affinität findet nur statt zwischen den Geschlechtsprodukten ein und derselben Art. Sie erlischt allmählich in demselben Maasse, als die Geschlechtsprodukte einander fremdartiger werden.

Die für die Befruchtung maassgebenden Faktoren suchen wir in den activen Zellbestandtheilen, Kern und Protoplasma, den Theilen, welche wir auch sonst Form und Wesen der Organisation bei allen Entwicklungsprocessen und histologischen Differenzirungen bestimmen sehen. Auf sie passen die Erfahrungen, welche wir mit Rücksicht auf die Veränderungen in der Bastardirungsfähigkeit gemacht haben. Durch langes Liegen im Wasser oder durch Einwirken von Schädlichkeiten wird der eigentliche Zellkörper des Eies verändert, wie wir auch durch andere Erfahrungen, so namentlich durch die Erfahrungen über die Zelltheilung, wissen.

Die Veränderlichkeit in den Lebenseigenschaften kommt nun für die beiderlei Sexualprodukte bei der Bastardirung in ganz entgegengesetztem Sinne zur Geltung. Bastardirung gelingt um so leichter, je lebensfähiger die Spermatozoen sind und je mehr die Eier eine Schwächung erfahren haben. Die Schwächung wiederum muss um so bedeutender sein, je weniger günstig die Bedingungen für die Bastardirung im Allgemeinen sind. Der Widerstand gegen Bastardbefruchtung geht offenbar vom Ei aus, das lehren unsere Untersuchungen auf das Unzweideutigste. Bei den Spermatozoen ist dagegen die Tendenz zur Befruchtung stets vorhanden, sie ist möglicherweise geringer bei Eiern einer fremden Art, als bei Eiern derselben Art; man kann dies, wenn auch nicht aus unseren eigenen Erfahrungen, so doch vielleicht aus den von Born angestellten Experimenten entnehmen.

Zum Schluss weisen wir noch auf eine Analogie hin, welche zwischen der Bastardbefruchtung und der Polyspermie besteht.

Einer von uns hat früher den Satz aufgestellt, dass das Eindringen vieler Spermatozoen durch Lebenseigenschaften der Eizelle verhindert wird. Eine Reihe von Untersuchungen, welche wir in einem nächsten Heft mittheilen

werden, haben für diese Ansicht weitere Beweise beigebracht. *Wir können jetzt den Satz erweitern und sagen, dass in der Eizelle regulatorische Kräfte vorhanden sind, welche den normalen Verlauf der Befruchtung garantiren und Polyspermie und Bastardbefruchtung zu verhindern streben. Diese regulatorischen Kräfte können mehr oder minder ausser Thätigkeit gesetzt werden, wenn die Lebensenergie der Eizelle eine Verminderung erfährt.* Welcher Art diese Kräfte sind, und ob sie im Protoplasma oder dem Kern ihren Sitz haben, muss noch durch weitere Untersuchungen entschieden werden.

Beitrag zur Widerlegung der „Jmbibitionstheorie".

Von

Dr. Max Scheit.

Bereits zu wiederholten Malen ist der „Imbibitionstheorie', eine eingehende Besprechung zu Theil geworden, namentlich von Seiten Böhms und R. Hartig's. Besonders den Bemühungen des letzteren Forschers ist es zu danken, wenn man in letzter Zeit mehr und mehr von der Unhaltbarkeit der genannten Theorie überzeugt und zur Anerkennung des von Böhm aufgestellten Satzes geführt wurde, dass der Transpirationsstrom innerhalb der Lumina und nicht der Holzwandung der trachealen Elemente sich bewegt. Zwar haben die Anhänger der so heftig bekämpften Imbibitionstheorie noch nicht vollständig das Feld geräumt, da auch die ihr entgegengestellten Theorieen noch der Vollständigkeit entbehren, im Ernste glaubt jedoch wohl niemand mehr an ihre Rettung.

In meiner letzten Arbeit (Bd. XVIII, N. F. XI dieser Zschr.), welche die Frage nach dem Luftgehalte des wasserleitenden Holzes zu beantworten versuchte, hoffe ich nachgewiesen zu haben, dass die Annahme von Luftblasen innerhalb der Wasserleitungsorgane, welche hauptsächlich zur Aufstellung der Imbibitionstheorie geführt hat, eine unbegründete, auf Irrthum beruhende ist.

So lange aber die Imbibitionstheorie noch Stützen zu haben scheint, gilt es, deren Haltbarkeit gewissenhaft zu prüfen.

Je eingehender man sich mit der Imbibitionstheorie sowie überhaupt mit dem Problem der Wasserleitung beschäftigt, um so grössere Gewissheit erlangt man von den Widersprüchen, die sie in sich schliesst, es zeigt sich, dass ihre theoretischen For-

derungen im Experiment und der Beobachtung nicht nur keine Stütze, sondern ihre Widerlegung finden.

Die Imbibitionstheorie nimmt beispielsweise an, dass die Holzmembran durch aufgenommenes Wasser ihr Volumen zu vergrössern im Stande ist. Direkte Beobachtungen über die Grösse dieser Quellung fehlen jedoch, denn bisher sind nur solche über die Volumenzunahme des Gesammtholzkörpers durch Quellung veröffentlicht worden.

Im Folgenden soll nun versucht werden, an der Hand der Beobachtung die Frage nach der Quellungsfähigkeit der Holzmembran zu beantworten.

Um diese Fähigkeit der Holzmembran zu erweisen, wäre einmal nöthig, die Quantität des Imbibitionswassers für eine bestimmte Menge reiner Holzmembran festzustellen, zweitens müsste sich ermitteln lassen, um wieviel sich ein bestimmtes Raummaass trockner Holzwandmasse, wenn es sich mit Wasser imbibirt hat, vergrössert.

Sachs [1]) und weiterhin Dufour [2]) unternahmen es, den ersten Theil dieser Aufgabe zu behandeln, ohne jedoch ein befriedigendes Ergebniss zu liefern. Die Versuche, welche beide Forscher zur Ermittelung des Imbibitionswassers seiner Quantität nach anstellten, sind keineswegs beweiskräftig für die Imbibitionsfähigkeit der verholzten Membran, denn in ihnen ist unmöglich zu vermeiden, dass vermittelst der im Holze vorhandenen Poren Wasserdampf zu flüssigem Wasser condensirt wird, so dass im Holze eine beträchtliche Menge Wasser sich ansammeln kann, ohne dass die Holzwandung sich damit zu imbibiren brauchte. Selbst in feinem Sägemehl, welches Sachs zu seinen Untersuchungen benutzte, sind durch Tüpfelräume und Verdickungsleisten auf der zerrissenen Membran immer noch in reichem Maasse Bedingungen für Wasserdampfcondensation gegeben, ausserdem sind ja auch die parenchymatischen Elemente nicht von den Holzwandtheilchen zu sondern, also wirklich imbibitionsfähige Körper vorhanden.

Der zweite Theil der Aufgabe hat ebenfalls noch keine befriedigende Lösung gefunden, es liegen keine Angaben über direkte Messungen der Volumenzunahme der Holzmembran durch aufgenommenes Wasser vor. Sachs bemerkt in dieser Hinsicht, dass durch Wasseraufnahme die verholzte Membran nur unmerk-

---

[1]) Poros. d. H. p. 308.

[2]) Beitr. zur Imbth. Arb. d. bot. Inst. in Wrzb. III, H. 1.

lich ihr Volumen verändere, womit freilich die von diesem Forscher aus seinen auf das Imbibitionswasser bezüglichen Wägungen gemachte Folgerung im Widerspruche steht, dass die Holzmembran ca. ihr halbes Volumen Wasser aufnehme[1]). Die „Imbibitionstheorie“ verwirft Capillaren als Bewegungsbahnen des Wassers; nähme nun die Holzmembran wirklich ihr halbes Volumen Wasser in die von diesem erst durch Auseinanderdrängen der Holzwandmoleküle geschaffenen Bahnen auf, dann müsste offenbar die Holzwandmasse ihr Volumen verdoppeln, sei es auch auf Kosten der Gefäss- und Tracheidenlumina, wie Sachs geneigt ist anzunehmen.

Da die Bewegung des Imbibitionswassers eine molekulare sein soll, so ist die mikroskopische Beobachtung derselben an und für sich schon ausgeschlossen.

Wie steht es nun aber mit der Beobachtung der Wirkung, welche die Einschiebung von Wassermolekülen zwischen die Holzwandmoleküle haben muss, d. h. mit der Volumenvergrösserung der Holzmembran durch aufgenommenes Wasser?

Ist die Volumenänderung nach Ansicht von Sachs auch eine geringe, so muss sie doch mikroskopisch bei starker Vergrösserung eines kleinen Holzschnittes sowie makroskopisch an grösseren Holzmassen messbar sein.

Ausgedehnte mikroskopische Messungen bestätigten diese Vermuthung auf keine Weise. Es gelangten zur Untersuchung in allen drei Richtungen des Raumes hergestellte Schnitte sowohl von ausgetrocknetem, als von frischem Holze und zwar von Thuja, Taxus, Pinus, Abies, Aristolochia, Ampelopsis, Clematis, Quercus, Vitis, Bittneria, Tilia, Cornus und Buxus.

Eine Vergleichung des unter Benutzung des Zeichenprismas hergestellten Bildes des imbibirten mit dem des trockenen Schnittes ergab, dass nur die parenchymatischen Elemente des Holzes Wasser aufnahmen und dabei ihr Volumen vergrösserten. Zugleich erlitten die mit ihnen fest verwachsenen eigentlichen Holzelemente oft bedeutende Verzerrungen, die besonders an den grossen Gefässlumen auffielen und um so bedeutender waren, je breiter und inhaltsreicher die Markstrahlen, und je frischer der Schnitt war. Eine Vergrösserung des Membranareals auf Kosten des Lumenareals konnte trotz sorgfältigster Beobachtung an keinem der untersuchten Schnitte festgestellt werden.

---

[1]) Poros. d. H. p. 312.

Dass Austrocknung resp. Wasserzuführung zum Holze in erster Linie die Markstrahlen beeinflusst und nur indirekt durch Zerrung die Hohlmembran, geht auch aus NÖRDLINGERS[1]) Beobachtungen hervor, nach welchen die Risse auf einem Baumquerschnitt fast immer neben den Markstrahlen verlaufen, öfters sogar durch sie hindurchgehen. Nach Angabe desselben Forschers ziehen sich die Markstrahlen stärker zusammen als das angrenzende Holz.

Wohl kann ein Baumstamm durch Wasseraufnahme seinen Umfang vergrössern, wie HALES und DUHAMEL nach einem Regen mit Hülfe eines um den Baum gelegten Metalldrahtes constatirten[2]), doch ohne dass sich dabei das Volumen der verholzten Elemente selbst vergrössert; die Volumenzunahme ist in diesem Falle vor Allem dem Rindenparenchym und weiter den parenchymatischen Elementen des Holzes zuzuschreiben.

Nach den Untersuchungen von GR. KRAUS[3]) vermehrt in der That Wasserzufuhr zum Holze nicht den Holz-, aber den Rinden-Durchmesser.

Wie bedeutend das Quellungsvermögen der Markstrahlen, resp. des Inhaltes derselben ist, wird erst an mikroskopischen frischen Schnitten deutlich, deren Austrocknung man unter dem Mikroskope verfolgt. In manchen Fällen schwinden die Markstrahlen in der Richtung der Sehne bis zur Hälfte ihres Volumens, während auf ringsgeschlossenen Holzscheiben sich oft nur ein Schwinden um 1°/₀ der Sehnenlänge bemerkbar macht; an einem der Länge nach halbirten, berindeten, ausgetrockneten Stück *Quercus Robur* von 20,2 Ctm. Länge, 14,2 Ctm. Durchmesser liefen durch 9 primäre Markstrahlen klaffende Risse, beim Durchnässen des Stückes schlossen sie sich vollständig, ohne dass zugleich eine Veränderung in den mitgetheilten Dimensionen eingetreten wäre.

Da sich in keiner Weise eine Volumenänderung der Holzmembran durch Veränderung des Wassergehaltes nachweisen lässt, so kann die Dimensionsänderung des Gesammtholzkörpers, sowie die Lagenveränderung der verholzten Elemente nur auf einer Volumenänderung des quellungsfähigen Inhaltes der parenchymatischen Elemente des Holzkörpers beruhen, der zum grössten Theil aus Stärke gebildet wird. Diese Ansicht wird bestätigt

---

[1]) Forstbot. p. 263 u. 264.
[2]) Cf. Pfeffer Physiol. II. p. 42.
[3]) Ueber die Wasservertheilung etc. Halle 1879.

durch die Thatsache, dass sich an Stärkekörnern bei Veränderung des Wassergehaltes unter dem Mikroskope eine entsprechende Volumenveränderung nachweisen lässt. So verkürzte sich nach NÄGELI [1]) ein Stärkekorn aus dem Wurzelstocke von Canna beim Austrocknen im langen Durchmesser um $10^0/_0$, im Querdurchmesser um $11^0/_0$.

Als weiterer Beleg für die entwickelte Ansicht sei der Process des Auslangens oder Dämpfens angeführt, durch welchen alle löslichen, sowie die quellbaren Theile aus dem Holze entfernt werden, so vor Allem die Stärke, in Folge dessen das so behandelte Holz vor dem Ziehen und Verwerfen, sowie vor dem Reissen geschützt ist.

Bereits NÖRDLINGER [2]) weist darauf hin, dass gedämpftes Holz merklich weniger quelle als altes, und dieses weniger als frisches, es geht also wahrscheinlich durch das Alter die Stärke ihrer Quellungsfähigkeit verlustig. NÖRDLINGER ist es auch, welcher bereits früher den Zusammenhang des Holzschwindens mit der Masse der Markstrahlen erkannt hat.

Was der Grad des Schwindens anbelangt, so hängt er nach unseren Erörterungen von dem Grade des Widerstandes ab, welchen die Holzmembran dem Zuge entgegensetzt. Letzterer entsteht dadurch, dass die passivgespannte Markstrahl- oder Holzparenchym-Zellmembran vermöge ihrer Elasticität nach erfolgter Wasserabgabe des von ihr umschlossenen Inhaltes in den ungespannten Zustand zurückkehrt.

Die Angaben, welche R. HARTIG [3]) in Bezug auf das Schwinden beim Trocknen pro 100 Frischvolumina (Durchm.) macht, müssen nach dem Mitgetheilten auf das Schwinden der parenchymatischen Elemente des Holzes zurückgeführt werden. Aus HARTIG's Tabellen scheint sogar hervorzugehen, dass das Schwinden von der Masse der parenchymatischen Bestandtheile des Stauungsquerschnittes abhängig ist, sie zeigen nämlich, dass 1—2jährige Zweige, bei denen die parenchymatischen Bestandtheile relativ stark auftreten, im Vergleich zu dem Holze des Stammes doppelt, ja fast dreimal so grosse Schwindprocente besitzen.

Wir sind nach den im Vorigen angestellten Erörterungen wohl berechtigt, anzunehmen, dass die Holzmembran unfähig ist, Wasser von aussen aufzunehmen. Es kann daher nicht die Rede

---

[1]) Die Stärke.

[2]) Forstbot. p. 338 u. 382 sowie p. 261 u. 263.

[3]) „Zur Lehre v. d. Wben. i. d. Pfl.“ Unters. aus d. forstbot. Inst. z. München p. 87 u. ff.

sein von einer Aufnahmefähigkeit der Holzmembran für Wasser, die in peripherischer Richtung am stärksten, schwächer in radialer und am schwächsten in longitudinaler Richtung sein soll, wie SACHS annimmt, wohl aber muss von einer nach den Richtungen verschiedenen Leitungsfähigkeit des Holzkörpers gesprochen werden, die, wie man wohl jetzt allgemein annimmt, mit der Stellung der Tüpfel zusammenhängt. Gerade die Stellung der Hoftüpfel ist es, welche uns neben anderen anatomischen Verhältnissen, wie bereits RUSSOW [1]) betont hat, davon zu überzeugen vermag, dass die Holzmembran nicht als Bahn der Wasserbewegung dient.

Auf keine Weise lässt sich die Annahme der grossen Leitungsfähigkeit der Holzmembran mit der Thatsache in Einklang bringen, dass wirklich imbibitionsfähige Körper, wie Laminariastämme, Flechten u. s. w. nur an den Stellen quellen, die unmittelbar mit dem Wasser in Berührung stehen, während das über das Wasserniveau emporragende Stück trocken bleibt.

Wenn DUFOUR [2]) durch Bestimmung des Verhältnisses des Lumen- und Membranquerschnitt-Areals fand, dass bei den in einem heissen Klima lebenden Sapotaceen, Ebenaceen sowie bei der eine bedeutende Höhe erreichenden Tectonia grandis etc. die Tracheiden fast des Hohlraumes entbehren, und wenn er dann glaubt, dass nur die so mächtig entwickelte Membran der Wasserleitung dienen könne, so meinen wir, dass innerhalb des wirklich vorhandenen, wenn auch sehr engen Tracheidenlumens, doch noch eher eine Wasserbewegung denkbar ist, als in den problematischen Molekularbahnen der Membran. Ausserdem lassen sich ebenso viel Beispiele anführen, in denen das Querschnittareal des Tracheidenlumens das der Membran übertrifft, was bei den meisten Hölzern in Bezug auf die Gefässe der Fall ist, von denen SACHS [3]) berechnet, dass sich der von den Wänden eingenommene Raum zu dem Hohlraum wie 1 : 1,68 verhält. Die Gefässe sind aber keineswegs von der Bethätigung an der Wasserleitung auszuschliessen, wie es DUFOUR (l. c.) auf Grund der Thatsache thut, dass die Coniferen bloss Tracheiden besitzen, sowie auf Grund der Annahme, dass die Gefässe zur Zeit der stärksten Transpiration verdünnte Luft enthielten.

---

[1]) „Zur Kenntniss des Holzes“ etc. Bot. Centralbl. Bd. XIII No. 1—5 p, 98.

[2]) Sur l'Asc. „Du Courant de Transp. dans les Plantes.“ Archives des Sciences Physiques et Naturelles, Troisième Pér. T. XI. No. 1. Genève 1884.

[3]) Vorl. V.

Zum Schluss dieser Arbeit sei noch auf den Widerspruch hingewiesen, in welchem die Annahme der leichten Verschiebbarkeit des Imbibitionswassers im Holze zu der Thatsache steht, dass selbst unter hohem Druck bei verstopftem Lumen kein Wasser durch die Membran hindurchfiltrirt, wie die Versuche DUFOURS [1]), ELFVINGS [2]) sowie eigene [3]) auf letztere bezügliche Controlversuche ergaben.

Der diesen Filtrationsversuchen gemachte Einwurf, dass zu ihnen nur Pflanzentheile benutzt worden wären, die dem Verbande des lebenden Organismus entnommen waren und an der Luft irreparable, für Druckfiltration hinderliche Veränderungen erfahren haben konnten, wird hinfällig, wenn man berücksichtigt, dass die verholzte Membran einem abgestorbenen Gewebe angehört, welches, aus dem Verbande des lebenden Körpers gelöst, dieselben physikalischen Eigenschaften beibehält, die es in letzterem besass. Die Erscheinung des Welkens abgeschnittener und dann in Wasser gestellter Sprosse ist wohl die Veranlassung zu diesem Einwand gewesen, der jedoch wegfallen muss, nachdem jene Erscheinung auf ihre wahre Ursache zurückgeführt worden ist [4]).

Die „Imbibitionstheorie" vergleicht das Imbibitionswasser mit dem Krystallwasser, wie letzteres nicht durch Druck verschiebbar sei, so auch das erstere nicht; trotzdem aber soll die Holzmembran die „wunderbare" Eigenschaft besitzen, das in ihr enthaltene Wasser mit grosser Geschwindigkeit fortleiten zu können. Abgesehen davon, dass es keinem Mineralogen einfällt, eine Verschiebbarkeit des Krystallwassers innerhalb des Krystalles durch die Kräfte anzunehmen, welche die Bewegung des Imbibitionswassers veranlassen sollen, ist letzteres gar nicht mit ersterem zu vergleichen, da es ja in molekularen Bahnen verschiebbar angenommen wird, also in physikalischer Beziehung zu den Holzwandmolekülen, während eine solche Verschiebung für die Krystallform verhängnissvoll werden würde, da doch das Krystallwasser ein integrirender Bestandtheil des Krystalles ist und in chemischer Beziehung zu den übrigen Bestandtheilen desselben steht, mit denen es nach ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen verbunden ist. Dass in Wirklichkeit aber eine derartige Beziehung zwischen

---

[1]) Vorl. Mitthl. etc.

[2]) „Ueber die Wasserl." i. H. Bot. Z. 1882 No. 42.

[3]) „Die Wasserbew." i. H. B. Z. 1884. No. 11.

[4]) Cf. v. Höhnel, Bot. Zeitung 1879. SCHEIT, diese Zeitschr. Bd. XVIII, N. XI.

Wasser und Membranmolekül nicht besteht, geht aus der Erwägung hervor, dass sich durch keine der bekannten physikalischen Kräfte eine Wasserbewegung innerhalb der Holzmembran bewirken lässt. Es ist kein Grund vorhanden, anzunehmen, dass innerhalb molekularer Hohlräume das Wasser anderen Kräften unterworfen sei als in capillaren Hohlräumen. Da nun in diesen durch einen geringen Druck und bei vorhandenem Ersatzwasser eine Verschiebung des capillarfestgehaltenen Wassers stattfindet, bei ebenfalls vorhandenem Ersatzwasser aber selbst bei sehr hohem Druck durch die Holzmembran kein Wasser sich pressen lässt, so scheint der Schluss berechtigt, dass auch in der lebenden Pflanze innerhalb der Holzmembran keine Wasserbewegung stattfindet und dass nur Constitutionswasser in der Membran vorhanden ist, welches allein sich mit dem durch Druck nicht verschiebbaren Krystallwasser vergleichen lässt.

Die „Imbibitionstheorie“ selbst betrachtet als bewegende Kraft die Transpiration, diese würde aber ebensowenig im Verein mit der Molekularattraktion eine ausgiebige Wasserbewegung hervorrufen, wie sie es nach den Untersuchungen von Nägeli und Schwendener [1]) im Verein mit der Capillarattraktion thut. Die Transpiration vermag nur das Gleichgewicht im Wassergehalt des Holzes aufzuheben, nicht aber selbst Wasser von unten zu heben.

Da die „Imbibitionstheorie“ weder durch die Beobachtung, noch durch das Experiment, noch durch bekannte physikalische Gesetze gestützt werden kann, so hört sie auf, eine Theorie zu sein.

Nach Wegräumung der Schwierigkeiten, welche unseres Erachtens bisher der allgemeinen Anerkennung der Ansicht im Wege standen, dass die Wasserbewegung im Lumen und nicht innerhalb der Membran der Wasserleitungselemente erfolge, bleibt jetzt nur die erstere Art der Wasserbewegung übrig, die sich im Gegensatz zu der anderen unter dem Mikroskope direct beobachten lässt, wie Vesque [2]) und Capus [3]) gezeigt haben. In einer späteren Arbeit wird sie sich als die einzig naturgemässe ausweisen, nachdem wir zuvor gesehen haben werden, dass uns sowohl die treibende Kraft gegeben ist, die für eine Wasserbewegung innerhalb der Membran fehlt, als auch die haltende, und dass beide bisher zu gering angeschlagen worden sind.

---

[1]) Sitzungsber. d. math. phys. Cl. v. 10. März 1866

[2]) Annales des Sciences Nat. Ser. VI. V. 15 p. 1. Ferner Bot. Centrlbl. Bd. XV. p. 371.

[3]) Comptes Rendus. Bd. 97. p. 1087.

Ueber den Flug der Vögel.

Ein Beitrag zur Erkenntniss der mechanischen und biologischen Probleme der activen Locomotion.

Von

Dr. H. Strasser,

a. o. Prof. an der Universität zu Freiburg i. B.

Vorbemerkungen.

Es möchte schwer zu entscheiden sein, was zuerst als Flug bezeichnet wurde, ob jede Art von Bewegung der Vögel durch die Luft oder nur diejenige mit regelmässigem Flügelschlag. Der Begriff Fliegen ist schliesslich auf alles Mögliche, auch auf jede Bewegung eines todten Körpers durch die Luft übertragen worden, die nicht gerade eine lothrechte Fallbewegung ist.

Immerhin handelt es sich dann auch heute noch um einen Vergleich, um ein Bild. Im eigentlichen Sinne des Wortes kann auch heute nur die active, durch die Kräfte des Organismus selbst unterhaltene und regulirte Ortsbewegung durch die Luft als Fliegen bezeichnet werden. Welcher Natur der Organismus ist, kommt dabei kaum in Betracht. Es kann sich um einen Vogel, eine Fledermaus, ein Insekt, ja um eine blosse Maschine handeln. Die Hauptsache ist die active Betheiligung des fliegenden Körpers. Ohne Formveränderung eines Körpers, und wo es sich um Locomotion handelt, ohne Bewegung der grösseren Massentheile gegeneinander keine Aktion. Aber auch der Flügel ist für die active Locomotion durch die Luft fast unbedingtes Erforderniss. So gehört also zum Flug der Flügelschlag; wenigstens hie und da eine Bewegung zwischen Flügel und Rumpf; dazwischen kann zeitweise der Körper wie ein starres Ganzes sich bewegen.

Man hat das Schweben und Kreisen als passiven Flug von der Bewegung mit regelmässigen Flügelschlägen als dem activen Fluge abgetrennt. Diese Art der Bezeichnung ist weder glücklich noch correkt. Die erst genannten Formen der Bewegung sind ohne irgend welche Action nicht durchführbar, und auch bei dem

„activen Fluge" können unter Umständen Flügel und Rumpf während kürzerer Zeit zu einem fast starren Ganzen verbunden sein. Wir wollen daher den Flug mit regelmässig wiederholten Flügelschlägen als Ruderflug und falls er mit ganz gleichmässig sich wiederholenden Actionen und mit gleichmässiger Geschwindigkeit stattfindet, als Normalflug, bei im Mittel horinzontaler Fortbewegung endlich als horizontalen Normalflug genauer bezeichnen. Daneben wird gelegentlich auch von einem auf- oder absteigenden Normalfluge die Rede sein.

Vorliegende Schrift, das Ergebniss mehrjähriger Studien über die Flugbewegung, beschäftigt sich vorzugsweise mit dem horizontalen Normalfluge der Vögel.

Die Bedingungen der Flugbewegung werden, wie mir scheint, zunächst am besten gerade am normalen Fluge verfolgt, an diesem besonderen Falle der Flugbewegung, bei welchem die Thätigkeit des Apparates eine symmetrische ist und in regelmässigen, einander vollkommen gleichen Perioden sich wiederholt. Diese Flugweise ist bei vielen fliegenden Thieren weitaus die gebräuchlichste und wird wohl von allen wenigstens zeitweise angewendet. Jedenfalls ist sie von allen speciellen Formen der Flugbewegung die am meisten verbreitete, die am besten für die verschiedenen Flugthiere und Flugapparate vergleichbare; sie bietet für die Analyse die einfachsten Verhältnisse, enthält aber doch alle wesentlichen Momente, welche beim Fluge überhaupt in Betracht kommen. Sind für diese Flugart die Bedingungen klar gelegt, so ist damit für jede andere das Verständniss erleichtert.

Ich hoffe zeigen zu können, dass die Erforschung der mechanischen Bedingungen der Ortsbewegung im Allgemeinen, der Flugbewegung im Besondern das Interesse des Anatomen, Physiologen und Biologen näher berührt, als dies auf den ersten Blick scheinen möchte. Es handelt sich nicht einfach um die Aufklärung eines räthselhaften, den menschlichen Scharfsinn herausfordernden mechanischen Vorganges, auch nicht bloss darum, den Technikern der Luftschifffahrt hülfreich durch Rath oder Warnung an die Hand zu gehen. Es gilt für die Beurtheilung der Rolle, welche der locomotorische Apparat im Haushalte des einzelnen Thieres und bei der Entwicklung und Umformung der Arten spielt, eine richtige Grundlage zu gewinnen.

Gerade die Untersuchung der Flugapparate scheint nach dieser Richtung hin lehrreich zu werden. Denn im Reich der Lüfte mehr als anderswo, mehr als an der Erdoberfläche, am Grunde oder am

Spiegel der Gewässer oder mitten in der Flut, ist die Möglichkeit der Ortsbewegung an einen engen Kreis von Mitteln gebunden. Nirgends so wie hier kommt zugleich dem Locomotionsapparat eine so dominirende Bedeutung für die ganze Organisation zu; daher die auffallende Gleichförmigkeit in den wesentlichen Verhältnissen der Flugapparate, und die Möglichkeit, den ganzen Körper als integrirenden Bestandtheil der Flugmaschine zu betrachten.

Es sind aber auch die locomotorischen Leistungen hier besser als anderswo physikalisch richtig zu messen und mit einander zu vergleichen. Wenn irgendwo, so muss hier eine gesetzmässige Beziehung wischen der Leistung — nicht der einmaligen, zufälligen, sondern der mittleren gewöhnlichen und der maximalen Leistung einerseits, dem Bau des Apparates und der Organisation des ganzen Thieres andererseits nachweisbar sein.

Freilich ist es nicht möglich, solchen Zielen näher zu kommen, wenn nicht die mechanischen Verhältnisse der Flugbewegung klar übersehen werden können. Die hier zu lösende Aufgabe ist eine ausserordentlich schwierige.

Man wird wohl davon absehen müssen, das Problem in seiner ganzen Allgemeinheit mathematisch zu behandeln, und lieber von ganz bestimmten Voraussetzungen, welche thatsächlich realisirt sind, von einer bestimmten, bekannten Disposition der Maschine und von bestimmten Annahmen über ihre Bewegung ausgehen: man wird zunächst aus diesen Voraussetzungen die übrigen Faktoren des mechanischen Vorganges, das ganze Getriebe, die Bewegungen und Kräfte zu bestimmen suchen. Dann lässt man einen Faktor variiren und untersucht den Sinn der Abänderung der andern. Die Beobachtung der verschiedenen Formen, in denen der Vorgang der Flugbewegung thatsächlich realisirt ist, wird zur Controle dienen. Indem man eine solche Untersuchung von hundert verschiedenen Ausgangspunkten aus unternimmt, gelangt man schliesslich zu einem gewissen Einblick in die gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnisse. — Bei einer solchen Untersuchung spielt natürlich die Kenntniss der anatomischen Verhältnisse der verschiedenen Flugthiere und der thatsächlich vorkommenden Bewegung eine sehr wichtige Rolle. Diese Kenntniss, die möglichst lebendige Vorstellung von den realisirten Verhältnissen ist es gerade, was der Naturforscher vor dem reinen Mathematiker bei der Behandlung dieser Probleme voraus hat oder voraus haben kann.

Vielleicht habe ich schon in meiner Abhandlung: „Zur Lehre von der Ortsbewegung der Fische (Stuttgart, Ferd. Enke 1882)“

den Beweis geleistet, dass es möglich ist, für eine anscheinend complicirte Art von activer Locomotion das Gesetzmässige in dem Wechselspiel der inneren und äusseren Kräfte und Bewegungen zu erläutern und eine erste befriedigende Analyse der Mechanik dieser Bewegung zu geben, ohne dass dabei schon Alles bis ins Einzelne hinein genau mathematisch formulirt und berechnet wird; vielleicht wird mir zugegeben, dass eine derartige erste Bearbeitung überhaupt vorausgegangen sein muss, damit eine gründliche wissenschaftliche Bearbeitung aller Seiten des Problems beginnen kann. Aehnlich möchte es sich wohl auch bei der Flugbewegung verhalten.

Hier ist eine Analyse, welche das ganze Wechselspiel der inneren und äusseren Kräfte des Systems in Betracht zieht, höchstens bis jetzt von dem Wiener Physiker PRECHTL versucht worden. Derselbe war auf das Genaueste mit dem Bau des Vogelkörpers vertraut und hatte die werthvollsten Erfahrungen über die Flugweise der Vögel gesammelt. Aber er war ein zu guter und eifriger Rechner. Die Neigung, fertige Formeln aufzustellen, verleitete ihn, allzu weitgehende vereinfachende Annahmen zu machen. Er lässt die Flügel in einer Querebene des Körpers auf- und niederschlagen, ohne wesentliche Drehung um seine Längsaxe, er beurtheilt die Widerstände der Luft nicht immer nach der wirklichen Bewegung der Oberflächen durch die Luft, sondern so, als ob die Vorwärtsgeschwindigkeit des Ganzen = 0 wäre; er macht sehr willkürliche Annahmen über die Geschwindigkeit des Flügelniederschlages und die Spannung der Muskeln, endlich geht seine ganze Untersuchung über die Beanspruchung der Muskulatur von einer vollständig unrichtigen Basis aus.

So lassen sich denn leider die Ergebnisse der von PRECHTL angestellten Berechnungen nicht für unsere Zwecke verwerthen, und wir sind deshalb so gut wie allein auf uns selbst angewiesen.

Meinen mechanischen Auseinandersetzungen fehlt, wie ich selber am meisten bedaure, die Eleganz und Bündigkeit, welche die Werke der Physiker von Fach auszeichnet. Man möge dies als unvermeidliches Uebel mit in Kauf nehmen, da nun einmal ein Anatom die in Rede stehenden Fragen in die Hand nehmen und die dazu nothwendigen physikalischen Kenntnisse sich mühsam und auf Umwegen erwerben musste. Auch ist manches dem Fachmann ganz selbstverständlich erscheinende Verhältniss mit Absicht weitläufiger und wiederholt explicirt worden, weil diejenigen, die sich mit der Ortsbewegung in der Luft beschäftigt haben, thatsächlich diesem Verhältniss nicht genügend oder nicht in der rich-

tigen Weise Rechnung getragen haben. Am meisten bedarf der Entschuldigung, dass ich es versäumt habe, gewisse Punkte durch Beobachtung sicher zu stellen, welche für die Theorie des Fluges von der grössten Bedeutung sind. Ich erkenne das Missliche dieses Umstandes selbst sehr gut an, sehe aber keine Möglichkeit, das Fehlende in der nächsten Zeit selbst beizuschaffen. So lasse ich denn hinsichtlich der Form der Bewegung Manches fraglich, verwerthe die mit vieler Mühe gesammelten Beobachtungen nach Möglichkeit, bevor ihr Eindruck bei mir verwischt ist, mache auf die ins Auge zu fassenden Gesichtspunkte der Beobachtung aufmerksam und hoffe, dass Andere sich der Sache annehmen werden. Zur Klarlegung aller wichtigeren Verhältnisse der Form der Flugbewegung bedürfte es Jahre unausgesetzter Beschäftigung mit dem Gegenstande, des Aufsuchens besonders günstiger Gegenden für die Beobachtung und der Anwendung graphischer Methoden.

Zu den folgenden Erörterungen über die Flugbewegung bildet meine, in den Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle (1880) veröffentlichte Abhandlung „Ueber die Grundbedingungen der activen Locomotion" die Einleitung und Grundlage. Ich habe dort die Begriffe der activen Locomotion, der Partialmassen und der Gesammtmasse, der inneren und äusseren Kräfte des Systems, des nützlichen und des schädlichen locomotorischen Widerstandes, der locomotorischen Kraft und der locomotorischen Leistung genauer definirt [1]).

Beim Normalflug nun besteht die locomotorische Leistung in verticaler Richtung offenbar in erster Linie in der Ueberwindung der abwärts treibenden Wirkung der Schwerkraft, die horizontale locomotorische Leistung aber in der horizontalen Fortbewegung des Ganzen gegen die in einem bestimmten Verhältniss widerstehende Luft. Es handelt sich dabei, wie gesagt, um eine im Mittel gleichförmige und geradlinige Verschiebung des ganzen Körpers (oder Systemes) durch periodisch in gleicher Weise sich wiederholende und symmetrische innere Bewegungen. Wir können die einzelnen kleinen Zeitabschnitte der Periode als Phasen bezeichnen und besonders numeriren. Je in entsprechend numerirten Phasen der verschiedenen Perioden muss dann die Configuration und Configurationsänderung oder die innere Bewegung des

[1]) Auch in der bereits citirten Schrift, welche von der Ortsbewegung der Fische handelt, finden sich Erörterungen über allgemeine Fragen der activen Locomotion.

Systems und seiner Theile die nämliche, und die Zeit, die von einer Phase bis zur nächsten gleich numerirten Phase verstreicht, muss stets der Dauer einer Periode gleich sein. Während eines solchen Zeitraums können nun möglicherweise einzelne Theile des Systems sich absolut im Raume, sowohl in horizontaler als in verticaler Richtung um eine gewisse Wegstrecke verschieben, es muss dann aber diese Verschiebung an sämmtlichen Punkten des Systems in gleicher Weise zu beobachten sein; sämmtliche Theilchen müssen sich während der Dauer einer Periode genau um denselben Betrag und in derselben Richtung verschoben haben, weil nur unter dieser Bedingung nach Ablauf der Periode die relative Stellung der Theilchen zu einander wieder ganz dieselbe sein kann. Und in jeder folgenden Periode muss sich die absolute Verschiebung des Ganzen (resp. sämmtlicher einzelner Theilchen) wieder ebenso verhalten, da ja die Bewegung im Mittel, abgesehen von den periodischen Schwankungen, als gleichförmig angenommen wird. Ist die mittlere Geschwindigkeit in horizontaler und verticaler Richtung Vz beziehungsweise Vv und die Dauer einer Periode T, so beträgt die Verschiebung der Theilchen und des Ganzen pro Periode $Vz.T$ und $Vv.T$, ganz gleichgültig, wie wir den Beginn der Periode festsetzen.

Daraus folgt dann schliesslich, dass auch in irgend einer bestimmten Phase oder in irgend einem bestimmten Theil der Periode die absolute Bewegung eines bestimmten Theilchens gegenüber der Umgebung in der einen wie in der andern Periode genau dieselbe ist.

Werden dieselben Oberflächen in derselben Stellung und mit derselben Geschwindigkeit gegen die Luft bewegt, so müssen auch die äusseren Widerstände in gleicher Weise wachgerufen werden. Die Schwere wirkt natürlich stets in derselben Weise; stimmen aber die äusseren Kräfte und die absoluten Bewegungen überein, so muss solches auch hinsichtlich der treibenden oder hindernden inneren Kräfte des Apparates Geltung haben.

In entsprechenden Phasen ist also nicht nur die relative Stellung der Theilchen zu einander, nicht nur die innere Bewegung des Systems, sondern auch die äussere Bewegung der Theile und des Ganzen stets dieselbe, und auch mit Bezug auf die inneren und äusseren Kräfte herrscht vollständige Uebereinstimmung.

Wir können die Bewegung irgend eines Theilchens jederzeit auffassen als die Combination 1) einer Bewegung gegenüber dem

gemeinsamen Schwerpunkte des Systems und 2) einer Bewegung mit dem gemeinsamen Schwerpunkte.

Weder die relative Bewegung irgend eines Theilchens gegenüber dem Massenmittelpunkte des Ganzen, *noch die absolute Bewegung des Gesammtschwerpunktes*, welche von dem Theilchen mitgemacht wird, *erfährt im Verlaufe einer Periode resultando irgend welche Beschleunigung* oder *Verzögerung*.

Die gesammten Kräfte, welche auf irgend einen Abschnitt des Körpers einwirken, und von denen jede für sich allein eine Aenderung des Bewegungszustandes dieses Theiles verursachen würde, heben sich also zusammen im Verlauf einer Periode gegenseitig auf.

Dasselbe gilt für die Kräfte, welche jede für sich die Bewegung der Gesammtmasse oder des Gesammtschwerpunktes zu ändern vermöchten. Es sind das die äusseren Kräfte des Systems (die inneren Kräfte an sich sind ja ohne Einfluss auf den Bewegungszustand des Gesammtmassen-Mittelpunktes.)

Auch diese äussern Kräfte also halten sich im Laufe einer Periode gegenseitig das Gleichgewicht, die beschleunigende Einwirkung derselben auf die Bewegung des Massenmittelpunktes ist pro Periode resultirend = o.

Fassen wir zunächst die *äusseren Kräfte* ins Auge. Es handelt sich hier nur um die Schwerkraft und um die Widerstände der Luft.

Die Schwere an sich beschleunigt alle Theile in derselben Weise und bewirkt keine Drehung des Ganzen oder einzelner Theile um den Massenmittelpunkt und keine Configurationsänderung. Die äusseren Widerstände dagegen sind Kräften gleichzusetzen, welche an der Oberfläche angreifen; sie wirken nicht auf alle gleich schweren Theilchen in gleicher Grösse und Richtung, können also die gegenseitige Lage der Theilchen zu einander ändern, innere Bewegungen hervorrufen, auch unter Umständen dem Ganzen einen Impuls zur Drehbewegung um den Schwerpunkt ertheilen. Zugleich aber beeinflussen sie den Bewegungszustand der Gesammtmasse resp. des Massenmittelpunktes so, als ob sie in gleicher Grösse und Richtung auf die im Massenmittelpunkt concentrirt gedachte Gesammtmasse selbst wirkten.

Das gesammte System muss nun aber von Periode zu Periode genau wieder in dieselbe Stellung zurückkehren und kann

demnach im Verlaufe einer Periode resultirend keine Beschleunigung der Drehbewegung parallel irgend einer der drei Hauptebenen erfahren haben. Demnach muss auch die drehende Einwirkung der äusseren Widerstände resultirend im Verlauf einer Periode $= o$ sein, da ja die inneren Kräfte an sich zu keiner Zeit dem ganzen System einen Impuls zur Drehung zu ertheilen vermögen.

Was endlich die Bewegung des Gesammtmassen-Mittelpunktes betrifft, so können wir dieselbe zerlegen in eine verticale, in eine horizontale in der Symmetrieebene des Apparates erfolgende, und in eine horizontale aber zur Symmetrieebene des Thieres senkrecht gerichtete Bewegung. Diese Bewegungsrichtungen sollen ein für alle mal folgendermassen bezeichnet werden:

Die verticale Richtung mit v, die horizontale Richtung vorwärts mit z, die quere Richtung mit q.

Die Wirkung sämmtlicher äusserer Widerstände zur Aenderung der Bewegung des Gesammtschwerpunktes in der v-Richtung und in der z-Richtung ist resultirend pro Periode $= o$.

Mit Bezug auf die q-Richtung aber ist die Einwirkung auf die Bewegung der Gesammtmasse nicht nur für den Zeitraum einer ganzen Periode, sondern auch für jede einzelne Phase $= o$, da der Apparat laut Voraussetzung symmetrisch gebaut ist und die Oberflächen seiner beiden Hälften sich symmetrisch gegenüber einem an sich homogenen und unbewegt gedachten äusseren Medium, der Luft bewegen.

Für die Bewegungsänderung des Ganzen in der z-Richtung können nur die z-Componenten der gesammten äusseren Widerstände in Betracht kommen; wir wollen ihre Einwirkung durch das Symbol (WzT) bezeichnen. Sie ist pro Periode resultirend $= o$. Für die Bewegungsänderung des Ganzen in der v-Richtung kommen in Betracht die Einwirkung der Schwere und diejenige der v-Componenten sämmtlicher äusserer Widerstände. Bedeutet P die Wirkung der Schwere auf die Gesammtmasse M in der Sekunde und T die Zeit einer Periode, so ist $P.T$ die Einwirkung der Schwere pro Periode.

Die v-Componenten der gesammten Widerstände am System während einer Periode sollen durch das Symbol $(WgvT)$ bezeichnet werden. Dieselben müssen pro Periode der beschleunigenden Einwirkung der Schwere gerade das Gleichgewicht halten.

Es ist also

$$\text{I) } (WgzT) = o$$

$$\text{II) } (WgvT) + P.T = o$$

Diese Sätze haben ihre Gültigkeit für jede Form des Normalfluges, also für jede durch regelmässig periodische und symmetrische Aktion vermittelte, im Mittel geradlinige und gleichförmige Ortsbewegung durch die Luft, mag nun die mittlere Bewegungsrichtung eine horizontale oder eine mehr oder weniger auf- oder absteigende sein. Verschiedenheiten ergeben sich nur, sobald man den pro Periode zurückgelegten Weg ins Auge fasst, wovon bei der Ableitung obiger Sätze nicht die Rede gewesen ist.

Die graphische oder geometrische Methode kann uns dazu dienen, die oben ermittelten Gleichgewichts-Beziehungen noch anschaulicher zu machen und weitere Folgerungen daran zu knüpfen. Wir fassen zunächst bloss die verticalen äusseren Kräfte ins Auge und stellen die Grösse der beschleunigenden Wirkung, welche jede Kraft für sich allein auf die Gesammtmasse haben muss, wenn sie während bestimmter Zeit gleichmässig wirkt, durch Rechtecke dar, deren verticale Seiten sich verhalten wie die Einwirkungen der Kräfte für dieselbe Zeit oder kurz gesagt, wie die Kräfte selbst, deren horizontale Seiten dagegen sich zu einander verhalten, wie die verschiedenen Zeiten der Einwirkung der verschiedenen Kräfte. Diese Felder sollen als Kräftefelder bezeichnet werden. In Fig. 1 kann die horizontale Linie XX als die Abscissenaxe der Zeiten bezeichnet werden. Der Fortschritt parallel dieser Axe nach rechts hin sei ein Mass für den Fortschritt der Zeit. a repräsentire den Anfang der Periode. Man theile die Periode in n gleiche Phasen, so wird jede Dauer einer Phase durch einen bestimmten gleich grossen Theil der Linie XX repräsentirt, die drei ersten Phasen z. B. durch ab, bc und cd. Jeder Phase entspricht eine gewisse Grösse der ins Auge gefassten äusseren Kraft; für den Beginn der ersten, zweiten und dritten Phase seien diese Kraftgrössen porportional den in α, β und γ gipfelnden verticalen Linien, die man als Ordinaten auffassen kann. Aendert sich während der einzelnen Phasen die Grösse der Kraft nicht, so ist die Wirkung derselben auf die Gesammtmasse in der 1, 2. u. 3. Phase proportional den Rechtecken ab, βc, γd; die Ge-

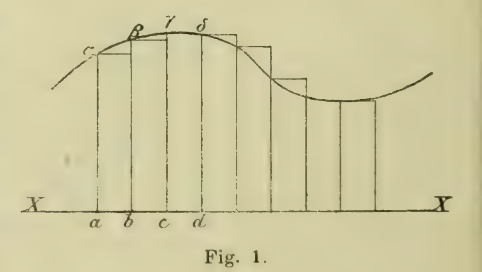


Fig. 1.

sammtwirkung in den 3 Phasen aber wird gemessen durch die Summe der 3 Rechtecke.

Aendert die Kraft ihre Grösse stetig, so liegen die Gipfelpunkte der Kraftordinaten, mag man die Phasen so zahlreich und klein wählen, als nur irgend denkbar, immer in einer stetigen Curve (Kräftecurve). Nimmt man die Phasen genügend klein, so wird der Fehler, der gemacht wird, indem man die Grösse der Kraft für dieselbe Phase als constant, als zu Ende gleichwie zu Anfange der Phase annimmt, immer kleiner. Das Feld, welches von einem bestimmten Theil der Zeitabscisse und der zugehörigen Kräftecurve begrenzt wird, ist daher in Wirklichkeit das Kräftefeld für den betreffenden Zeitabschnitt; es ist das Mass für die Einwirkung der ins Auge gefassten Kraft auf die Gesammtmasse während dieser Zeit; also für den Zuwachs an Geschwindigkeit, welchen die Gesammtmasse in dieser Zeit durch jene Kraft erfahren würde.

Ist die einwirkende Kraft constant, wie z. B. die Schwere, so ist die Kräftecurve eine gerade Linie, welche der Abscissenaxe parallel läuft. Wird der äussere Widerstand stossweise entwickelt, und nehmen wir an, dass derselbe nur während der einen Hälfte der Periode und in dieser Zeit stets mit gleicher Grösse einwirkt, so muss das Kräftefeld der verticalen Componente des Widerstandes, um demjenigen der Schwere PT gleich zu sein, die doppelte Höhe haben, weil es nur halb so lang ist; (Wv) muss jederzeit $= 2P$ sein. Die Widerstandskraft müsste $= 3P$ sein, wenn ihre Wirkung sich nur über den dritten Theil der Periode erstreckt.

In Wirklichkeit ändert sich nun aber die Grösse des resultirenden verticalen Widerstandes nur allmählich; derselbe ist im allgemeinen einer aufwärts treibenden Kraft gleich; es ist aber nicht ausgeschlossen, dass in einem Theil der Periode die äusseren Widerstände eine abwärts gerichtete Resultirende haben können; dann müssen die Ordinaten der Curve nach der andern Seite der Abscissenaxe aufgetragen werden, die Widerstandscurve liegt dann also unter der Abscissenaxe. Der von diesem Theil der Curve und der Abscissenachse eingeschlossene Theil des Kräftefeldes entspricht der abwärts gerichteten Einwirkung auf die Gesammtmasse.

In Fig. 2 sei *abcdefgh* die Curve der verticalen resultirenden Widerstandskräfte mit Bezug auf die Abscissenaxe xX; es ist dann das vertical schraffirte Feld *abcdea* das Mass der Einwirkung zur Hebung der Gesammtmasse in der Zeit $T = ag =$ einer Periode; *efg* das Mass der abwärts gerichteten Einwirkung (zum

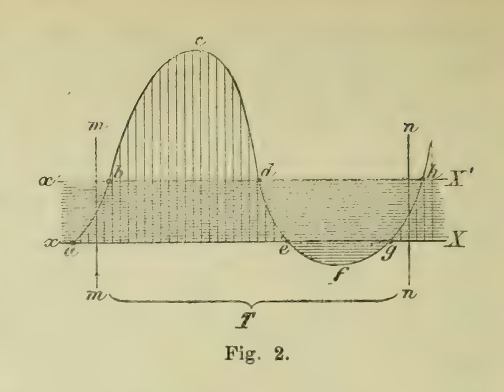


Fig. 2.

Unterschied horizontal schraffirt). Zieht man oben an $x\ X$ eine Parallele $x^1\ X_1$ im Abstand $xx^1 = P$, so repräsentirt das Feld zwischen den beiden Parallelen die Einwirkung der Schwere; es ist, weil diese abwärts gerichtet ist, ebenfalls horizontal schraffirt. Offenbar heben sich der durch das Feld *a b d e* gemessene Theil der aufwärts gerichteten Einwirkungen des Widerstandes und der durch eben dasselbe Feld gemessene Theil der abwärts gerichteten Wirkung der Schwere gegenseitig auf. Soweit verticale und horizontale Schraffirung sich überkreuzen, annulliren sich die beiden Einflüsse. Das Feld *bcd* entspricht der übrig bleibenden Wirkung nach oben, das Feld *defgh* der übrig bleibenden Wirkung nach unten in der Zeit $bh = T$.

Die Curve *abcdefgh* . . . . kann also als die resultirende Kräftecurve sämmtlicher äussern verticalen Kräfte aufgefasst werden, wobei aber $x^1\ X^1$ die zugehörige Abscissenaxe der Zeit ist. *bcd* ist der positive, *ab* und *defg* der negative Theil der Curve, ersterem entsprechen resultirende Krafteinwirkungen nach oben, letzterem solche nach unten.

Von dieser Art der graphischen Darstellung werden wir im Folgenden ausgiebigen Gebrauch machen.

Um die während einer Periode von dem Massenmittelpunkte zurückgelegten Wege zu beurtheilen, gehen wir von der Curve der resultirenden verticalen Kräfte aus, welche sich also nur dadurch von der Widerstandscurve unterscheidet, dass die Abscissenaxe überall um den Betrag P höher liegt.

Wir wollen zunächst von der verticalen Geschwindigkeit, welche der Körper zu Anfang der Periode besitzt, absehen (ist dieselbe $= c$, so legt der Körper vermöge derselben in der Periode T den Weg cT zurück). Erhält die Masse in irgend einer Phase eine verticale Beschleunigung φ, und ist am Ende dieser Phase die Zeit t der Periode verflossen, so legt die Masse infolge dieser Beschleunigung φ in dem Rest der Periode $T\text{-}t$ ein plus an Weg zurück, das $=$ $(T\text{-}t)\ \varphi$ ist. Wir können v und φ als positiv bezeichnen, wenn

es sich um eine Bewegung oder eine Bewegungsbeschleunigung nach oben handelt, im umgekehrten Falle als negativ.

Errichtet man auf der Abscissenaxe aa^1 (Fig. 3) als Kathete

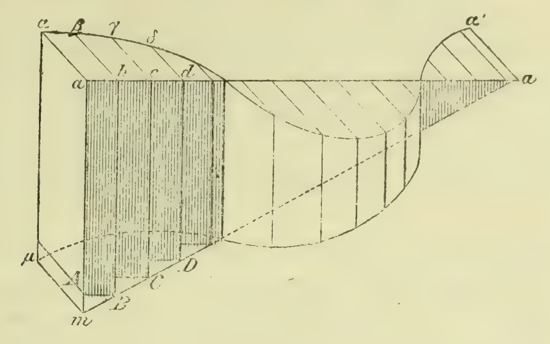


Fig. 3.

ein rechtwinkliges Dreieck ama^1, welches auf der Ebene der Kräftecurve $\alpha\beta\gamma\delta$ .... senkrecht steht und zwar so, dass der rechte Winkel dem Anfang der Periode entspricht und setzt man die Kathete $am = T$, so ist für irgend einen Moment der Periode jeweilen die zu am parallele Linie, welche den entsprechenden Punkt der Zeitabscisse mit der Hypothenuse des Dreiecks verbindet, ein Maass für den noch übrig bleibenden Abschnitt der Periode.

Ist nun z. B. ab, bc, cd etc. (Fig. 3) die Zeitdauer der ersten, zweiten dritten Phase der Periode u. s. w., $a\alpha\beta b$, $b\beta\gamma c$, $c\gamma\delta d$ u. s. w. das Maass der in diesen Phasen zu Stande kommenden Beschleunigung, so sind die Prismen $\alpha\beta B$, $p\gamma C$, $c\delta D$ u. s. w. die Maasse für die in Folge dieser einzelnen Beschleunigungen im Laufe der Periode zurückgelegten Wege. Aehnlich verhält es sich an jeder anderen Stelle, auch bei den umgekehrt gerichteten Beschleunigungen; nur sind im letzteren Falle die Wege umgekehrt gerichtet, die entsprechenden körperlichen Maasse, welche auf der entgegengesetzten Seite des Dreieckes maa^1 liegen, sind also gleichsam mit dem entgegengesetzten Vorzeichen behaftet.

Je zahlreicher und kleiner man nun die Phasen nimmt, desto mehr verschwinden die Zwischenräume, welche zwischen der Unterfläche der Prismen und der sie berührenden Ebene $m\mu$ $\alpha^1 a^1$ übrig bleiben.

Man erkennt also, dass man den Weg, welcher in Folge der in der Periode selbst wirkenden Kräfte zurückgelegt wird, folgendermassen graphisch darstellen kann. Man legt durch die dem

Ende der Periode entsprechende Kraftordinate eine Ebene, welche sich mit der Ebene der Kräftecurve schneidet, und nun wird die Kräftecurve senkrecht zu ihrer Ebene auf jene schräge zweite Ebene projicirt. Führt man nun durch die Grenzen der positiven Kräftefelder und ihrer Projectionen eine gerade Linie so herum, dass sie zur Ebene der Kräftecurve stets senkrecht steht, so umschreibt man zwischen den beiden Ebenen die Räume, welche den positiven Wegen entsprechen; führt man die Gerade in derselben Weise um die negativen Kräftefelder und ihre Projektionen herum, so umschreibt man die Räume, welche den negativen Wegstrecken entsprechen [1]).

Mit Hülfe dieser graphischen Methode gelingt es, die Verhältnisse, von denen die Grösse des pro Periode zurückgelegten Weges abhängt, zu übersehen. Bei derselben Curve der resultirenden Kräfte kann offenbar der Weg, welcher pro Periode einzig in Folge der während derselben stattfindenden Krafteinwirkung zurückgelegt werden muss, sehr verschieden sein, je nachdem der Anfang der Periode und die Anfangsgeschwindigkeit o mit dem einen oder dem anderen Theil der Curve zusammenfällt.

Fig. 3 und die umstehende Fig. 4 können als Erläuterung dienen. Fig. 3 entspricht dem Fall, in welchem zu Beginn der Periode starke auftreibende Kräfte wirken, ebenso am Schluss der Periode, während in den mittleren Theilen derselben die resultirende Einwirkung abwärts gerichtet ist.

Fig. 4 entspricht demjenigen Falle, in welchem die auftreibende Einwirkung ganz in den Anfang, die abwärts gerichtete Einwirkung ganz in den Endtheil der Periode fällt.

Im ersten Fall entspricht der auftreibenden Kraft wegen ihrer frühzeitigen Wirkung im Beginn der Periode ein Wegkörper von besonders grosser, wegen ihrer Wirkung am Schluss der

---

[1]) Man könnte sich auch die Abscisse aa^1 mit den anliegenden Kräftefeldern als starr und materiell und um einen kleinen Winkel um die letzte Kraftordinate der Periode als Drehungaxe gedreht denken. Die von den verschiedenen Kräftefeldern durchmessenen Räume würden dann ebenfalls ein Maass für die in Folge der betreffenden Kraftwirkungen in der Periode durchmessenen Wegstrecken abgeben. Diese einfachere Methode wird nun leicht als correct erkannt werden, nachdem obige Auseinandersetzung vorausgegangen ist.

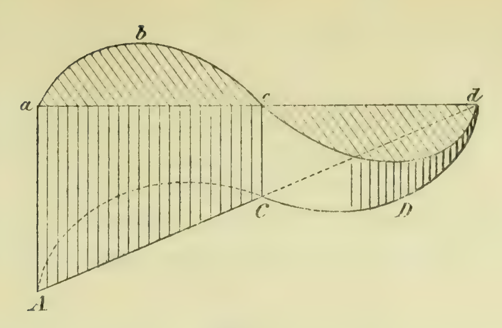


Fig. 4.

Periode ein solcher von verhältnissmässig kleiner Höhe. Den abwärts treibenden Kräften aber entspricht ein Wegkörper von mittlerer Höhe; die Basis der beiden positiven Wegkörper ist im Ganzen gleich gross wie die Basis des einen negativen Wegkörpers, deshalb mögen in diesem Falle der gesammte positive und negative Wegkörper gleich gross, ihre Summme mag ungefähr $= o$ sein.

Anders verhält es sich im zweiten Fall; hier ist wieder die Basis des positiven Wegkörpers gleich der des negativen, aber die Höhe des ersteren bedeutend grösser; es kann also die Summe der beiden nicht $= o$ sein; es muss resultirend pro Periode ein verhältnissmässig grosser Weg aufwärts zurückgelegt werden.

Im ersten Fall fällt die tiefste Lage des Ganzen annähernd mit dem Maximum der auftreibenden Kraft zusammen, vorausgesetzt, dass das Aufsteigen und Absteigen der Kräftecurve annähernd in symmetrischer Weise geschieht; auf dieses folgt eine Hebung des Körpers, ein Maximum der Aufwärtsbewegung wird erreicht, dann tritt Verzögerung ein und gänzliche Hemmung ungefähr zugleich mit dem Maximum der abwärts treibenden Kräfte; der Körper sinkt, anfangs beschleunigt, nachher unter Verzögerung, bis schliesslich am Ende der Periode die Geschwindigkeit wieder $= o$ ist.

Es ergeben sich hier pro Periode 2 Nullpunkte der Bewegung; der Körper oscillirt um ein mittleres Niveau.

Der Weg kann also bei vollkommen periodischem Gleichgewicht der Kräfte ein sehr verschiedener sein. Seine Grösse kann auch bei derselben Form der Kräftecurve der gesammten äusseren Einwirkungen ein verschiedener sein je nach der Anfangs-

geschwindigkeit, welche gleichzeitig mit einem bestimmten Punkte der Kräftecurve vorhanden ist.

Auch sonst hängt die Grösse des Weges ab von der Form der Kräftecurve. Je rascher sich überhaupt die Krafteinwirkung einer Periode gleich im Beginn abspielt, desto grösser ist der in ihrer Richtung zurückgelegte Weg. Das Maximum ist erreicht, wenn die ganze Einwirkung momentan geschieht und als Anfangsgeschwindigkeit beinahe über die ganze Dauer der Periode fortwirkt.

Dies gilt nun nicht bloss für die verticale Bewegung, sondern in ganz ähnlicher Weise auch für diejenige in der z-Richtung.

Beim horizontalen Normalfluge sind die in verticaler Richtung pro Periode vom Ganzen zurückgelegten Wege $= o$ in der z-Richtung, dagegen wird im Allgemeinen pro Periode eine bestimmte horizontale Wegstrecke zurückgelegt. Aus dem soeben Erörterten ergiebt sich aber, dass auch ein auf- oder absteigender Normalflug möglich ist, indem bei vollkommenem Gleichgewicht der äusseren Kräfte pro Periode auch in verticaler Richtung ein bestimmter Weg zurückgelegt werden kann.

In allen diesen Fällen ist die Bewegung des Ganzen eine oscillirende, und nur die Bewegung der Mittellagen, um welche die Oscillation stattfindet, kann als eine gleichförmige geradlinige bezeichnet werden, und zwar zerlegt sich beim horizontalen Normalflug die Bewegung des Ganzen in eine verticale Oscillation um einen Punkt, der in demselben Niveau bleibt, und in eine Oscillation in der z-Richtung um diesen selben Punkt, der sich in der z-Richtung mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegt.

Es gilt nun, zu untersuchen, wie bei den fliegenden Thieren und speziell den Vögeln die nothwendigen äusseren Bedingungen des **horizontalen** Normalfluges durch die innere Thätigkeit des Organismus hervorgerufen werden.

Zunächst ist die Form der Bewegung durch Beobachtung zu ermitteln. Es ist genau festzustellen, wie sich nach Raum und Zeit die Theilchen des Körpers gegeneinander und gegenüber der Aussenwelt verschieben. Daraus ergiebt sich die Möglichkeit, die äusseren Widerstände zu beurtheilen, die Widerstandscurven und endlich die resultirenden Curven der äusseren Kräfte für die v- und z-Richtung festzustellen.

Zweitens handelt es sich darum, Grösse und Richtung der

inneren Kräfte des Apparates in ihrer Vertheilung je nach Ort und Zeit kennen zu lernen.

In dritter Linie ist zu untersuchen, in welchen Organen die inneren Kräfte wachgerufen werden und wie diese Organe bei der in ihnen stattfindenden Spannungsentwicklung und Formveränderung beansprucht werden.

Daran schliessen sich die Fragen nach der Möglichkeit der Abänderung von Apparat und Bewegung und nach den Grenzen der Rentabilität und Ausführbarkeit der Flugbewegung für den Thierkörper.

I. Die Form der Bewegung.

A. Disposition der Maschine.

Die beste Vorbereitung zum Studium der Form der Bewegung ist zweifelsohne die anatomische Untersuchung. Sie unterrichtet uns nicht bloss über die geometrischen Verhältnisse des Körpers in einer bestimmten Stellung, derjenigen, welche das todte Thier einnimmt, sondern giebt zugleich Aufschluss über die Materialen der Theile, über eine ganze Reihe physikalischer Eigenschaften derselben, über die Verschiebungsmöglichkeiten bei der Einwirkung bestimmter supponirter Kräfte und s. f.

Wer sich irgendwie mit den Verhältnissen der Flugbewegung vertraut machen will, und gerade am meisten derjenige, dem anatomische Studien im Uebrigen fremd sind, sollte es nicht unterlassen, Vogelkörper zu zergliedern oder gute, von andern gefertigte frische Präparate zu untersuchen, wobei die verschiedensten Lehrbücher der Zoologie und vergleichenden Anatomie allen wünschenswerthen Aufschluss über die übliche Benennung der Theile und über die Bedeutung derselben zu geben vermögen.

Ich will den vorhandenen Beschreibungen keine irgendwie vollständige, neue hinzufügen, sondern auf den Bau des Vogelkörpers nur soweit eintreten, als die anatomischen Verhältnisse für die zu besprechenden Fragen jeweilen von Bedeutung sind.

Die für den normalen und horizontalen Flug bedeutsamste Massengliederung des Vogelkörpers ist diejenige in die beiden Flügel und den ganzen übrigen Rest der Körpermasse.

Der Rumpf ist länglich, von rundlichem Querschnitt. Das beim Flug hinten liegende Ende ist verschmälert (und zwar von oben nach unten meist weniger als von einer Seite zur andern) und läuft in den Schwanz aus, der mit seinen Federn eine annähernd horizontal gestellte Platte darstellt. Vorn geht der Rumpf unter allseitig gleichmässiger Verschmälerung in den Hals über, dieser in den wenig dickeren, meist kleinen Kopf, der zuge-

spitzt im Schnabel endet und mit diesem voran zuerst die Luft durchschneidet.

Zu diesem Stammtheil des Körpers kommen noch die hinteren Extremitäten hinzu.

Diese ganze Masse, mit Einschluss des Federkleides und der am Schultergelenk liegenden mächtigen Muskeln ändert ihre Configuration beim horizontalen Fluge im ganzen wenig und kann als die eine Partialmasse des Systems aufgefasst werden, die wir in Zukunft einfach als Rumpf oder mit dem Buchstaben R bezeichnen wollen.

Die beiden andern Partialmassen, symmetrisch zur Symmetrieebene des Rumpfes gestellt und organisirt, sind in Längslinien an die mächtigste Stelle des Rumpfes nah dem oberen Rande seiner Seitenflächen eingepflanzt.

Die hauptsächlichsten Theile der Verbindung sind:

1) Die Verbindung des Skeletes des Flügels mit dem Skelet des Rumpfes in dem Schultergelenke. Eine Gelenkspalte trennt das Oberarmbein (Humerus), dessen Rumpfende einen von vorn nach hinten abgeplatteten Gelenkkopf darstellt, von der sattelförmigen Gelenkpfanne, welche vom Skelet des Rumpfes gebildet wird. Eine Gelenkkapsel verbindet die aneinander stossenden Knochen, so dass die Bewegung des Flügels gegenüber dem Rumpfe innerhalb des gewöhnlich benutzten Excursionsgebietes ohne erhebliche Reibung vor sich gehen kann, aber natürlich nur annähernd als eine Drehbewegung, um irgend eine nahe an der Gelenkspalte vorbeiziehende Drehungsaxe.

2) Die Muskeln, welche am Schultergelenk vorbeiziehen und sich der Hauptmasse nach einerseits am Skelet des Rumpfes, andererseits am Humerus in der Nähe des Schultergelenkes befestigen und sich demnach wesentlich den übrigen Theilen des Rumpfes anschmiegen, während nur ein kleiner Theil dem Humerus entlang läuft und sich entfernter vom Gelenk, ja selbst jenseits des Ellenbogengelenkes an den Vorderarmknochen anheftet. Die Concentration der Muskelmassen auf den Rumpf hat zur Folge, dass bei den Bewegungen des Flügels ein möglichst kleiner Bruchtheil der beschleunigenden Kraft auf die Mitbewegung der Muskeln des Schultergelenkes, beziehungsweise auf die Hemmung und Umkehr ihrer Bewegung verwendet werden muss. Was aber die Wirkung der Schwere auf diese Muskeln betrifft, so vertheilt sich natürlich die Last der Muskeln in jedem Augenblick nach einem ganz bestimmten Verhältnisse auf die

beiden Ansatzpunkte am Skelet. Der Hauptantheil ihrer Last wird von dem Skelet des Rumpfes getragen.

3) Die Haut mit ihrem Federkleide geht continuirlich vom Rumpf auf den Flügel hinüber und ist an der hinteren Seite des Schultergelenkes zu einer Falte ausgezogen (hintere Flughaut mit Deckfedern). Auch bei diesen Theilen muss ein bestimmter Bruchtheil der Masse und des Gewichtes dem Rumpfe, der Rest dem Flügel zugerechnet werden. Für jede neue Stellung des Flügels zum Rumpf ist diese Vertheilung eine etwas verschiedene; doch begeht man keinen grossen Fehler, wenn man die Masse der Muskeln und äusseren Bedeckungen von ganz bestimmten, ein für alle mal bezeichneten Querschnitten an auf der einen Seite mit zu der Partialmasse des Flügels, auf der andern zu derjenigen des Rumpfes hinzurechnet.

Das **Skelet des Rumpfes** besteht zunächst aus einem fast vollkommen starren Abschnitte *K* (Fig. 5), den ich als Kasten bezeichnen möchte; an ihm entspringen sämmtliche Muskeln des Schultergelenkes (mit Ausnahme einiger Hautmuskeln und des dünnen M. latissimus dorsi). Dieser Kasten wird gebildet von dem Brustbein *st*, den beiden Coracoid-Beinen *c*, den Schulterblättern *sc* und dem Gabelknochen *f*. Die Wirbelsäule mit dem Becken und Schädel bildet einen zweiten Bestandtheil des Rumpfskeletes, der gegen den Hals zu bis zum Kopf und ebenso am hintersten Ende im Bereiche des Schwanzes biegsam und beweglich, im Becken- Bauch- und Brusttheil aber annähernd starr ist und durch die dünnen Rippen wie mit einer grossen Zahl von Beinpaaren auf dem Rande des Brustbeins elastisch und in einer durch Muskeln regulirbaren Stellung aufruht. Die Last der Eingeweide wird zum grösseren Theile — und dies gilt namentlich für das Herz, die Leber, den Magen und einen Theil der Gedärme, — direkt durch den Kasten getragen, und nur ein kleinerer Theil derselben ist an Wirbelsäule und Becken aufgehängt.

Der Schwerpunkt des ganzen Rumpfes liegt wegen der tiefen Lage der mächtigsten Schultergelenkmuskeln unterhalb der Mittellinie des Rumpfes oder Brustkorbes ziemlich weit nach unten und auch ein Stück nach hinten von den Schultergelenken.

Weniger starr und unverändert in seiner Configuration bleibt beim horizontalen Normalfluge der **Flügel.** Es ist bekannt, wie dieses flächenhaft ausgebreitete Gebilde durch ein gegliedertes **Skelet** gestützt ist (siehe Fig. 5), welches dem Skelet der vorderen Extremität der Amphibien, Reptilien und Säugethiere ver-

gleichbar ist und vor allem zwei Hauptgliederungsstellen, das Ellbogen- und das Handgelenk (*E* und *H*) aufweist. Auch bei stärkster Streckung sind die 3 Hauptabschnitte des Skeletes, der

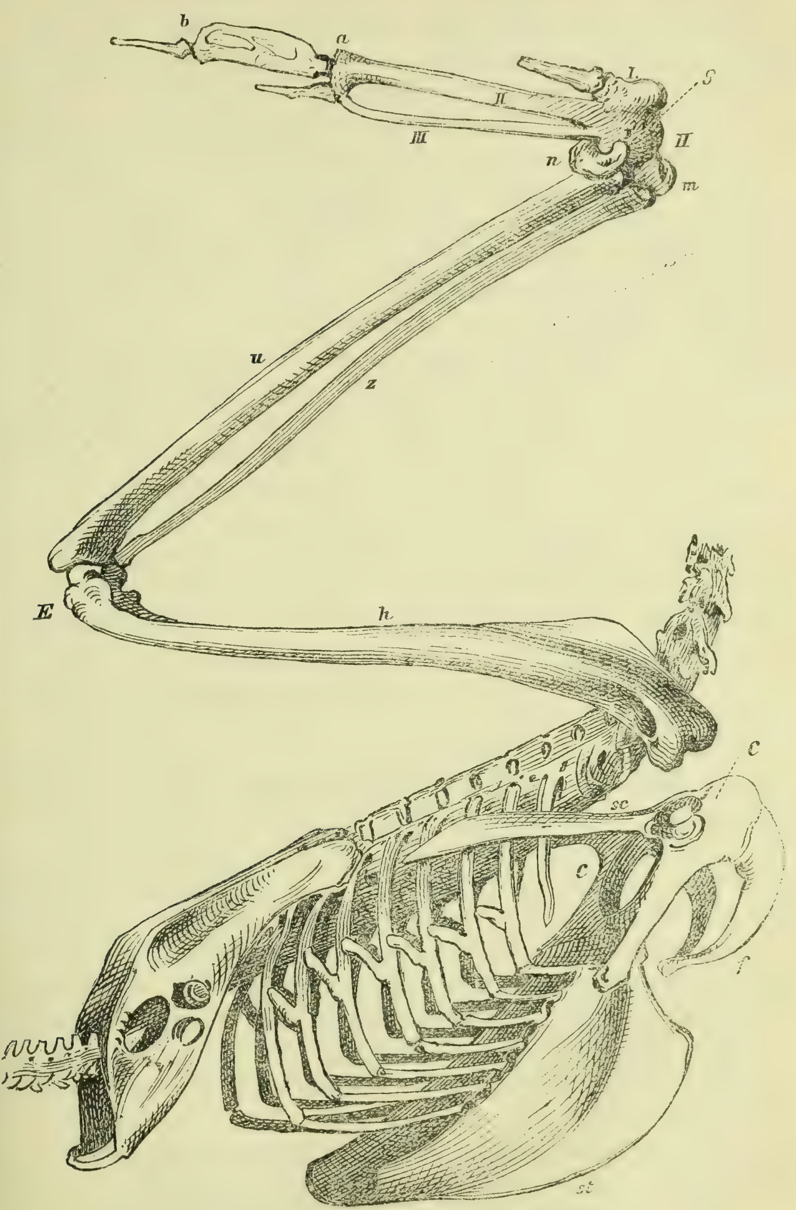


Fig. 5. **Rumpf- und Flügelskelet eines Adlers.**

Humerus *h*, die Vorderarmknochen *r* und *u* und das Handskelet noch im Winkel zu einander gestellt, so dass die Convexität des Ellbogens am natürlich horizontal zur Seite ausgestreckten Flügel nach hinten, diejenige des Handgelenkes nach vorn sieht. Die Wirkung der im Flügel selbst gelegenen Muskeln dieser Gelenke dient dazu, diese Knickungen nach Belieben zu verschärfen (Beugung des Ellbogen- und Handgelenkes).

Das Handskelet besteht aus einer verhältnissmässig geringen Zahl knöcherner Stücke. Auf die Vorderarmknochen folgt zunächst eine in der Ebene des Flügels liegende Knochenscheibe *s* (mittlere Elemente der 1. und sämmtliche Stücke der 2. Handwurzelreihe). Am vorderen und hinteren Rande ihrer Gelenkverbindung mit den Vorderarmknochen ist je ein rundliches kleines Knochenstück eingefügt (Randtheile der 1. Handwurzelreihe, Fig. 5 *m* und *n*). Die Scheibe selbst läuft distal in 3 Fortsätze aus (1., 2., und 3. Metacarpus, mit I, II und III bez.). Der vordere ist ganz kurz; ihm sitzt das dolchartige Glied auf, das den Lenkfittich trägt und als erste und einzige Phalanx des Daumens gedeutet werden muss; die beiden hinteren Fortsätze (2. u. 3. Metacarpus) ragen viel weiter hinaus und sind an ihren Enden mit einander verschmolzen, so dass ein länglicher Rahmen gebildet wird. Dem Ende des Rahmens aber sitzen ein hinteres kleines stiletförmiges Knöchelchen (das Kleinfingerglied) und ein längeres messerartiges vorderes Stück (die 1. Phalanx des Mittelfingers) auf, welch letzteres seinerseits wieder das Endglied des Flügels (eine 2. Phalanx des Mittelfingers) trägt.

Am Rücken des Endgliedes ist die erste, an dem messerartigen Stück die 2. und 3., an dem Kleinfingerglied die 4. Schwungfeder befestigt.

So zerfällt also das Skelet der Hand der Hauptsache nach durch 2 transversale Gliederungsstellen (bei *a* und *b*) in drei, gegen die Flügelspitze hin an Grösse abnehmende Längsabschnitte. Es ist nur einer geringen Durchbiegung über die Kanten und über die Fläche und nur einer geringen Längstorsion fähig. Ziemlich gross ist noch die Abbiegungsmöglichkeit für das Endglied, welches die 1. Schwungfeder trägt. Weitaus die grösste Beweglichkeit aber kommt dem Lenkfittich zu, der vom vorderen Rand der Schwinge abgegliedert ist.

Die im Flügel gelegenen Muskeln schmiegen sich den Knochen an und liegen z. Th. in den Spatia interossea.

Eine erste Verbreiterung der Flügelfläche kommt durch die

beiden Hautfalten, die sich hinten am Schultergelenk und vorn am Ellbogengelenk ausspannen (hintere und vordere Flughaut) zu Stande. Die Hauptsache aber bleibt in dieser Beziehung den Federn überlassen.

Die **Verhältnisse der Federbekleidung** müssen von vornherein von uns genauer ins Auge gefasst werden. Wir folgen dabei hauptsächlich der ausgezeichneten Beschreibung, welche Prechtl von den Flugorganen der Vögel gegeben hat[1]), und lassen ihn z. Th. selbst sprechen.

Auf den Knochen des Armes sind, theils recht-, theils schiefwinklig die grossen Contourfedern (sog. Schwungfedern, Remiges der Autoren) aufgelegt, welche, indem sie von innen nach aussen über einander greifen und sich decken (der äussere Rand einer Feder deckt jeweilen den inneren Rand der nächst äusseren Feder), eine elastische Fläche des Flügels bilden, wie sie bei den fliegenden Insekten durch die zwischen feinen „Adern" ausgespannte Membran, oder bei der Fledermaus durch eine sehnige Haut gegeben ist.

Der Flügel theilt sich der Länge nach in drei Regionen:

1) Den Deckfittich[2]), welcher unmittelbar am Leibe oder Rumpfe des Vogels liegt, und dessen Federn, die sog. Schulterfedern auf der die Muskeln des Oberarms umkleidenden Haut liegen und durch die hintere Flughaut in ihrer Lage erhalten werden.

2) Den Fächer, welchem die Federn zugehören, die im Bereiche des Vorderarms liegen. Die grossen Federn des Fächers, welche nur vorn von kleineren Federn, sog. Deckfedern, bedeckt sind und den hinteren Rand des Fächers allein bilden, werden von den Ornithologen gewöhnlich als Schwungfedern zweiter Ordnung bezeichnet. Sie sind in den hinteren Rand der dorsalen Hautplatte des Flügels in regelmässigen Abständen mit ihren Spulen eingepflanzt und mit dem Periost der Rückenfläche der Ulna innig verbunden.

3) Die Schwinge; ihre grossen Federn, von den Ornithologen gewöhnlich als Schwungfedern erster Ordnung, von uns mit Prechtl einfach als Schwungfedern bezeichnet, verhalten sich ähnlich zu der Haut und den Knochen der Hand wie die grossen

---

[1]) Prechtl, Untersuchungen über den Flug der Vögel. Wien, 1846.

[2]) Schulterfittich, Parapterum.

Fächerfedern zu den entsprechenden Theilen des Vorderarms, nur sitzen sie zur Längsaxe der Hand nach aussen zu immer mehr schiefwinklig auf. Ihre Zahl ist nach Prechtl bei allen Fliegern constant 10; die 4. Schwungfeder, von der Flügelspitze aus gezählt, ist dem Endgliede des kleinen Fingers der Länge nach aufgelegt, die 1. Schwungfeder ebenso dem Endgliede des Mittelfingers (Lenkfeder), die 2. u. 3. auf dem Knochen des ersten Gliedes des grossen Fingers; die 6 inneren auf den Knochen der Mittelhand.

„Die Spulen dieser Federn liegen, ausser ihrer Befestigung an dem Knochen, unter einander in der elastischen und sehnigen Hautduplicatur verbunden, welche eine ununterbrochene Fortsetzung der die Fächerfedern verbindenden Haut ist, nur ist diese Verbindung hier stärker und das Ende der Haut bildet einen sehnenartigen, die Spulen umgebenden Umschlag.

Auf die Federn des Mittelhandknochens und die sie verbindende Haut wirken ebenfalls, wie vorher bei dem Fächer, einzelne von dem Antagonisten des Streckers des grossen Fingers auslaufende Sehnen, die ihre Nieder- und Festhaltung befördern.

Bei der Streckung des grossen Fingers breiten sich die 5—6 ersten Schwungfedern auseinander nach vorwärts, bei seiner Beugung schieben sie sich untereinander und rückwärts, so dass die Enden der Fahnen sich decken; bei der Beugung der Mittelhand und bleibender Streckung des grossen Fingers bleiben die äusseren Schwungfedern ausgebreitet, es kann aber auch noch der grosse Finger sich beugen, wobei denn alle Schwungfedern sich zusammen schieben. Die Schwinge schiebt sich aber zum Theil unter den Fächer, wodurch der Flügel verkürzt wird. Wird der Flügel endlich ganz eingezogen, nämlich durch Anziehung des Oberarms, des Vorderarms und der Hand, so schiebt sich die Schwinge unter den Fächer und der Fächer unter den Deckfittich, der dann als ein Theil des befiederten Körpers erscheint.

Die auf dem zweiten Gliede des grossen Fingers befestigte Lenkfeder ist mit dem letzteren selbst für sich nach vor- und rückwärts beweglich. Die Biegung der Schwung- und Fächerfedern nach unten giebt der unteren Flügelfläche eine nach aussen und hinten gewölbte Form.“

4) Endlich sind an dem Daumenknochen drei bis vier kürzere, in der Länge abnehmende, ziemlich steife und gekrümmte Federn befestigt, die einen kleinen, mit dem Daumen nach vor- und rück-

wärts, doch auch dorsal- und ventralwärts beweglichen und um die Längsaxe drehbaren Fittich bilden, welcher seiner Bestimmung nach, wie PRECHTL meint, am besten als Lenkfittich [1]) bezeichnet wird.

Die aus hornartiger Substanz gebildeten Federn sind als Bestandtheile zur Bildung einer elastischen, der Luft undurchdringlichen Fläche sehr vollkommen eingerichtet. Jede Feder besteht aus dem Kiel und der Fahne. Der Kiel, welcher den festen elastischen Stamm bildet, an dessen äusserem Theile zu beiden Seiten die Fahne anliegt, theilt sich in die Spule und den Schaft. Die Spule ist der cylindrische, aus durchsichtiger Substanz gebildete Theil, mit welchem die Feder in dem Flügel befestigt ist; von dem Ende dieser Röhre beginnt der Schaft, indem die Substanz derselben bis zur Spitze des Kiels fortläuft und eine weisse markige Substanz umschliesst, welche die Masse des im Querschnitte ein Viereck bildenden Schaftes ausmacht. Die untere Seite ist in der Mitte der Länge nach von einer Rinne durchzogen, welche zwei mit den beiden Seitenwänden verbundene Leisten trennt, durch deren Gegenwirkung gegen die obere elastische Decke des Schaftes die Festigkeit des Schaftes gegenüber auf- und abwärtsbiegenden Einflüssen gesichert wird. An beiden Seiten des Schaftes, nahe seiner oberen Peripherie, ist die Fahne eingesetzt, welche aus 2 Bärten besteht. Jeder Bart setzt sich aus einzelnen nahe an einander liegenden Strahlen zusammen, welche im Allgemeinen mit ihren verdünnten Enden etwas gegen die Spitze der Feder hingerichtet sind und aus demselben durchscheinenden Stoffe bestehen, wie die Decke des Schaftes und die Spule. An diesen Strahlen unterscheidet man wieder Kiel und Bärte, welche als secundäre Kiele und secundäre Bärte von den primären der ganzen Federn unterschieden werden.

Die Strahlen mit ihren Kielen und Bärten, welche letztere wieder aus einzelnen (secundären) Strahlen bestehen, die etwas gegen die Spitze der primären Strahlen hingerichtet sind, sehen ganz ähnlich aus wie die ganzen Federn, namentlich an denjenigen Stellen, wo die ganze Feder weich und dünn ist, weil hier die secundären Kiele nur wenig über die Fläche der secundären Bärte nach unten vorragen. Wo aber der primäre Bart und die primären Strahlen stärker gebaut sind, springen die Kiele der letzteren als blattartige Leisten nach unten vor, so dass hier ein pri-

[1]) Afterflügel, Alula.

märer Federbart, von unten mit der Loupe betrachtet, an die Unterfläche eines Blätterpilzes gemahnt. Diese blattartigen Leisten lassen schmale Räume zwischen sich, welche nach unten offen und von oben her durch die secundären Bärte luftdicht zugedeckt sind.

Unsere Fig. 6 zeigt ein Stück eines primären Federbartes senkrecht zur Fläche, parallel der Längsaxe der Feder geschnitten.

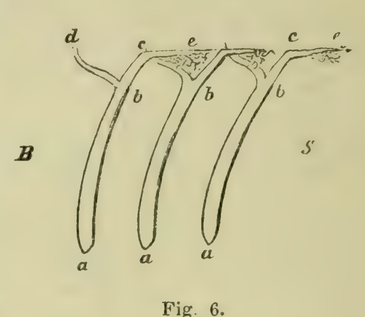


Fig. 6.

Und zwar hat man sich bei *S* die Spitze, bei *B* die Basis der ganzen Feder zu denken. *abc* sind die quer getroffenen secundären Kiele, *bd* und *ce* die quergetroffenen secundären Bärte (oder einzelne längs getroffene secundäre Strahlen).

Die secundären Bärte liegen wesentlich in der oberen Peripherie der Feder; der hintere (*ce*) geht annähernd vom oberen Rande des secundären Kieles ab, der vordere (*bd*) etwas tiefer. Die Leisten, welche als secundäre Kiele bezeichnet werden (*abc*), sind, wie man sieht, etwas convex nach der Basis der ganzen Feder zu gekrümmt.

Der hintere Bart eines Strahles legt sich über den vorderen des nach hinten fallenden Strahles. Die Strahlen zeigen sich also besser geeignet, einem etwas nach vorn gegen die Basis der Feder wirkenden abbiegenden Einfluss zu widerstehen, als einem von ihrer Vorderfläche her einwirkenden; und die Bärte zweier benachbarter Strahlen sind so übereinandergefügt, dass sie sich bei der Aufbiegung der Federn gegenüber ihren vorderen gefestigten Theilen, wie sie die Folge eines von unten einwirkenden Luftwiderstandes ist, inniger aufeinander legen. Die benachbarten secundären Bärte sind aber ausserdem noch in kunstvoller Weise mit einander verfilzt. Die Bartstrahlen der vorderen secundären Bärte *bd* liegen steif und dicht nebeneinander und laufen in ziemlich kurze hackenförmige Haarzipfel (tertiäre Strahlen) aus. Aehnlich steif und dicht sind die Strahlen der hinteren secundären Bärte nur an ihrer Basis, dann aber laufen sie in lange feine Haare aus (Fig 6 rechts bei *e*), deren Länge übrigens verschieden ist und die oft einen etwas gewundenen Verlauf haben; andere, noch stärker gekrauste Haarzipfel (tertiäre Strahlen) wenden sich

mehr nach unten und bilden gleichsam einen wolligen Saum, in den die vorderen secundären Strahlen des nächst hinteren primären Strahles von unten her im Ganzen und mit ihren hackenartigen tertiären Strahlen eingebettet sind.

Dieser Zusammenhang wird gewaltsam gelöst (unter Zerreissung einzelner Fäserchen), wenn man die Strahlen einer Federfahne aus einander spaltet, und stellt sich nicht sofort in derselben Vollkommenheit wieder her.

„Die vordere Region der Flügelfläche, wo die grossen Federn mit ihren Kielen auf den Armknochen liegen, ist mit kürzeren übereinanderliegenden Federn bedeckt, welche Deckfedern (tectrices) heissen und sowohl zur Verschliessung der Oeffnungen dienen, welche die Kiele jener Federn zwischen sich lassen, als auch zur Verstärkung der Auflage der letzteren selbst. Die ersten oder längeren Deckfedern liegen mit dem Ende ihrer Spule unmittelbar neben der Spule der Fächerfeder und überkreuzen dann die letztere, indem sie mit ihr häutig verbunden sind. Die Spulen der Deckfedern der Schwinge liegen unmittelbar der Länge nach auf den Spulen der Schwungfeder, mit denen sie gleichfalls häutig fest verbunden sind. Die Spulen dieser Federn sind viel stärker als jene der Deckfedern des Fächers, ja im Verhältniss zur Länge ihrer Fahne noch stärker als die Spulen der Schwungfedern selbst und verstärken daher bedeutend die Auflage der Schwungfedern. Die Länge dieser ersten Deckfedern, die übrigens jenen des Fächers analog geformt sind, ist bei verschiedenen Flügeln verschieden, je nachdem eine grössere Steifheit dieser Fläche erfordert wird. Gewöhnlich macht ihre Länge $^1|_3$ bis zur Hälfte der Flügelbreite aus. Ueber diesen ersten Deckfedern liegen gewöhnlich noch zwei Reihen kürzerer, dann noch kleinere und kürzere, die am vorderen Flügelrande sehr klein werden und einen sammtartigen Wulst bilden. Die basalen Enden aller dieser Federn sind mit Flaumfedern bedeckt, so dass eine vollkommen geschlossene Fläche erhalten wird. Uebrigens nimmt die Stärke aller Federn des Flügels, der Fächerfedern, Schwungfedern und Deckfedern von innen nach aussen zu, sowohl durch die Stärke des Kiels, als die Stärke der Fahne, bis endlich an den äussersten Schwungfedern, auf welche beim Niederschlage des Flügels die grössere, dem Quadrate der Geschwindigkeit proportionale Kraft wirkt, das Maximum dieser Stärke auftritt. Die Deckfedern der unteren Flügelfläche sind im Ganzen bedeutend schwächer als die oberen, auch weit weniger zahlreich."

Beeinflussung der Form des Flügels durch äussere und innere Kräfte.

Es ist wichtig, hervorzuheben, dass die auf oben erwähnte Weise fast continuirlich und luftdicht gemachte dorsale Schicht der Federfahne den Charakter einer continuirlichen Platte oder Membran behält, mag nun ein stärkerer Ueberdruck der Luft auf die obere oder auf die untere Seite, auf die näher an der Basis oder auf die näher der Spitze der Feder gelegenen Theile der Fahne einwirken. Es ist also nicht die Verbindung der einzelnen Federtheile, speciell der Federstrahlen eine ventilartige, je nach Umständen geschlossene oder aufgehobene. Immerhin zeigt sich die Festigkeit des Verschlusses wie auch der Widerstand der ganzen Feder und ihrer primären Strahlen besonders gross gegenüber einem von unten her auf die Feder einwirkenden Drucke.

So stellt auch der Flügel im Ganzen im Bereiche des Dickfittichs und in der vorderen Region von Fächer und Schwinge eine vollsändig luftdicht geschlossene Platte dar, sowohl gegenüber einem Ueberdrucke der Luft an der oberen als gegenüber einem solchen an der unteren Fläche des Flügels.

Anders verhält sich dagegen die Gegend, welche den von Deckfedern freigelassenen Abschnitten der Schwung- und Fächerfedern entspricht. Hier sind die beiden Federbärte der grossen Federn deutlich, wenn auch nicht überall in demselben Masse ungleich breit; der äussere ist jeweilen der schmälere und auch aus steiferen Strahlen gebildete; ferner bleibt ein grösserer oder geringerer Theil von der Spitze jeder Feder vollständig isolirt. Auch wenn der Ueberdruck der Luft gleichmässig auf die Unterfläche des ausgebreiteten Flügels vertheilt ist, müssen die breiten Bärte stärker nach oben abgebogen werden als die schmalen, bis sie sich jeweilen dicht an die Unterfläche der nächst inneren Feder (soweit sie unter derselben liegen) anpressen.

Letzteres muss um so mehr der Fall sein, je mehr der Ueberdruck an der Flügelunterseite von Feder zu Feder gegen die Spitze des Flügels hin pro Flächenelement zunimmt, wie solches in Wirklichkeit in der Regel der Fall ist. Die Zunahme der Festigkeit der Federkiele und ihrer Strahlen nach der Spitze des Flügels hin und die grössere Länge der Federn, diese beiden

Momente stehen offenbar mit einander in einem derartig regulirten Verhältniss, dass trotz der Zunahme des grösseren Ueberdrucks der Luft an der Unterseite der Flügelspitze doch die Durchbiegung der Flügelfläche beim Niederschlage des Flügels das Material der Federn überall in gleichmässiger Weise in Anspruch nimmt und dass der Schluss der Federn gegeneinander überall in ähnlicher Weise sich vollzieht. Für besondere Ansprüche sind ausserdem besondere, durch Muskeln beeinflusste Mechanismen vorhanden, durch welche die Stellung einzelner Federn oder Flügeltheile regulirt werden kann; diese Vorrichtungen sind besonders von Prechtl genauer studirt worden.

Es erhebt sich nun die Frage, ob nicht dieselben Verhältnisse, welche den Anschluss der in einfacher Reihe stehenden grossen Federn aneinander bei einem auf die Unterseite des Flügels wirkenden Ueberdrucke der Luft sichern, umgekehrt ein Auseinanderklaffen dieser Federn begünstigen für den Fall, wo der Flügel mit der oberen Seite voran gegen die Luft geht. Es handelt sich bei dieser Frage nicht um die freien Enden der Federn, sondern um die Stellen, wo sie sich, wie die parallelen Plättchen eines Fensterladens, mehr oder weniger decken.

So viel ist sicher, dass durch Dorsalwärtsaufbiegung der äusseren Theile des Skeletes gegenüber den inneren, wobei die Kiele der äusseren Federn gegenüber den inneren gehoben werden, der Anschluss der Federn aneinander wieder hergestellt werden kann, auch wenn die äusseren Federn durch den Ueberdruck der Luft stärker nach unten gedrängt werden sollten und der Innenrand jeder Federfahne stärker als der Aussenrand. Wenn dagegen die äusseren Enden des Flügelskelets und die äusseren Schwungfedern mit ihren Kielen nicht durch Muskelkräfte nach oben, vielmehr in Folge des dorsalen Luftwiderstandes, der namentlich an der Spitze des Flügels gross ist, stärker nach unten gegenüber der Ebene des Fächers hinausgetrieben werden, dann muss ein Klaffen der grossen Feder stattfinden; die Luft dringt von oben in die Zwischenräume ein und drängt den inneren Bart der Fahne noch um so stärker abwärts, je grösser er im Vergleich zum vorderen Barte ist, dreht also die Ebene der Fahne und vermehrt auf diese Weise den senkrechten Abstand der Federflächen.

Die Asymmetrie der Bärte der äusseren grossen Federn würde also bewirken können, dass selbst bei Ventralbeugung der Spitzen des Flügelskeletes doch noch die Federbärte sich aneinanderlegen, wenn ein

Luftüberdruck von unten wirkt, dagegen bei derselben Stellung des Skeletes wie die Platten einer Jalousie aufklaffen müssen, sobald der Flügel mit der Dorsalseite voran gegen die Luft geht. Es ist also denkbar, dass durch Muskelwirkung, welche die Befestigungspunkte der äusseren Schwungfedern oder ihre Kiele nach unten zieht, oder die Spulen dreht, oder dass durch grössere oder geringere Zusammenschiebung der Fächer- und Schwungfedern je nach Bedarf ein solches Klaffen vermehrt werden, oder dass es von vornherein wegen der Steifheit des Flügels in nur unbedeutendem Grade stattfinden kann.

Die Form des Flügels und die Stellung seiner verschiedenen Flächen kann, wie man sieht, eine recht verschiedene sein, auch wenn Schulter-, Ellbogen-, Handgelenk und Flügelspitze dieselbe relative Lage zueinander und zum Rumpf haben, je nach den Luftwiderständen und je nach der Betheiligung der im Flügel selbst gelegenen Muskeln.

Ich halte es für gerechfertigt, diesen Verhältnissen noch einige weitere Betrachtungen zu widmen.

Bringt man einen todten Vogel, eine Taube, einen Bussard, einen Storch mit dem Rumpf in die Stellung, welche er beim Flug einnimmt und breitet die Flügel möglichst aus, so spannt sich die vordere Flughaut (Fig. 7 *oec*) in einer Ebene aus, welche

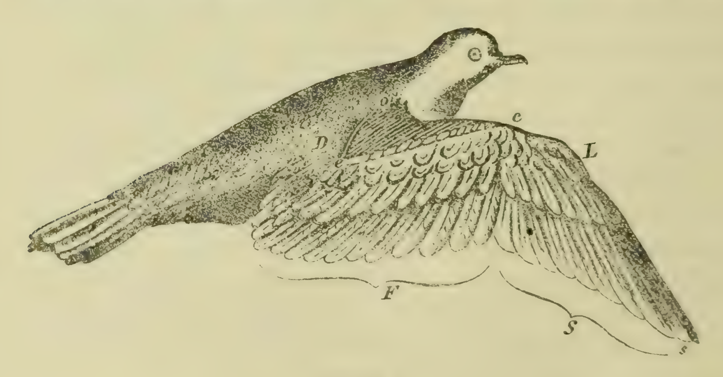


Fig. 7.

die obere Peripherie des Humerus und des Radius berührt, und bildet das sog. voderere Flügeldreieck. Die Sagittallinien auf derselben liegen etwa horizontal oder vielleicht der Längsaxe des Rumpfes parallel. (Der ganze Körper ist in Fig. 7 noch etwas zu stark aufgerichtet).

Die Ulna steht gegenüber diesem dreieckigen Felde etwas tiefer. Die Federn des Deckfittichs, die grossen Federn des Fächers, das Skelet der Hand selbst und die Schwungfedern haben, wenn keine äussere Kraft auf den so gestreckten Flügel einwirkt, ihre Enden merklich tiefer als dieses Feld und bilden eine von dem letzteren aus nach hinten bezw. nach aussen hinten und nach aussen schräg abfallende Fläche.

Der hintere, innere Rand der grossen Contourfedern liegt etwas tiefer als der äussere Rand. Es kann nun in der stärksten Streckstellung des Flügels das Handskelet weder durch die Muskeln des Flügels noch durch die äusseren Kräfte gegenüber den Vorderarmknochen erheblich gehoben oder gesenkt werden, das Handgelenk ist vielmehr gegen dorso-ventrale Einflüsse annähernd festgestellt, ebenso verhält es sich mit dem Ellbogengelenk; wohl aber vermag ein gleichmässig auf die Unterfläche des gestreckten Flügels vertheilter Druck bei fixirtem Humerus (und bei irgendwie bewirkter Feststellung des Flügeldreieckes, der Vorderarmknochen und des Handskeletes) den hinteren Theil des Deckfittichs und die grossen Federn empor zu treiben, so dass der hintere Rand des Flügels mehr in die Fortsetzung der Ebene des vorderen Flügeldreiecks emporgehoben wird, namentlich im Bereiche des äusseren Theiles des Fächers und des inneren Abschnittes der Schwinge; erste und zweite Schwungfeder widerstehen mehr. Der Flügel bekommt dadurch wirklich eine etwas schraubenförmig gewundene Gestalt; die mittleren und äusseren Theile des Flügels sind gegenüber den inneren etwas abgedreht, sodass die Unterfläche direkt nach unten oder sogar nach unten hinten sieht; in noch stärkerem Maasse kann Solches an den Flächen der einzelnen frei vorragenden Schwungfedern der Fall sein.

Im Bereiche des vorderen Flügeldreieckes ist dann die untere Flügelfläche fast platt; der vordere Rand springt zwar etwas verdickt nach unten vor, aber es ist nicht wie Prechtl meint der Bereich des ganzen Flügeldreiecks stark gegenüber der übrigen benachbarten Unterfläche des Flügels pronirt, und die Bezeichnung „Windfang“ für dieses Feld erscheint im Hinblick auf sein Verhalten beim Niederschlag nicht berechtigt.

Ist aber die Hand gegenüber dem Vorderarm gebeugt, so wird das Handgelenk für dorso-ventrale Einflüsse locker. Die Hand kann mit ihrer Breitseite voran in erheblichem Maasse hin und herbewegt, auch kann sie um ihre Längsaxe rotirt werden. Als fixirende innere Muskelkräfte gegenüber ventro-dorsal wirken-

den äusseren Kräften können wesentlich nur die drei Vorderarmmuskeln dienen, welche ihre Sehnen unten am Handgelenk vorbei zum vorderen Rande der Hand schicken (der M. flexor carpi radialis zum vorderen Rande der Basis des gemeinschaftlichen Metacarpus, der flexor digit. prof. und der flexor digit. subl. zum vorderen Rande der Gross-Fingerglieder).

Durch die Spannung dieser Muskeln kann wohl der vordere Rand der Hand fixirt und niedergehalten werden, die von unten auf die Schwinge wirkenden äusseren Kräfte werden aber die hinteren Theile der Schwinge gegenüber dem vorderen Rande emporzuheben vermögen, um so mehr, je mehr letzterer selbst durch die Muskeln niedergezogen wird (Pronation).

Beim vollständigen Anlegen der eingezogenen Flügel an den Leib rollt sich die eingezogene Schwinge mit dem radialen Rand voran ventralwärts ein. Der Carpus schiebt sich dicht aussen an der Schulter vorbei in die Höhe, wobei die Vorderarmknochen ihre sonst ventrale Fläche ebenfalls mehr gegen den Leib zu drehen. Der Beginn der Einziehung der Schwinge aber, wenn keine erheblichen äusseren Kräfte wirken ausser der Schwere, scheint am natürlichsten mit einer activen entgegengesetzten (supinatorischen) Längsrollung und zugleich mit einer Senkung der Spitze vor sich zu gehen; dann schiebt sich mit Leichtigkeit die eingezogene Schwinge unter den Fächer und bildet mit ihm einen nach oben offenen Flächenwinkel, dessen Grund nach hinten abfällt. Gesellt sich ein gleichmässig auf die Schwinge vertheilter Druck von oben hinzu, so kann diese Längsrotation erheblich gesteigert werden.

Ein solches Verhalten habe ich bei dem Flügel der verschiedensten Arten constatiren können (Columba, Pica, Corvus, Haematopus, Numenius, Larus, Buteo, Aquila). Wir werden auf diesen Befund bei Gelegenheit zurückkommen.

Die nach unten leistenartig vorspringenden Theile der Federn, der Kiel und die blattartigen Axen der Strahlen müssen aufgefasst werden als Stützbalken für die zarte dorsal gelegene Membran, welche durch die Verbindung der secundären Barte gebildet wird. Als solche sind sie mit der möglichsten Ersparniss an Material gebaut; der Umstand, dass sie aus der zarten Membran nach unten vorragen und nicht nach oben, resp. dass die Membran zwischen den obern und nicht zwischen den unteren Rändern dieses Balkensystems sich

ausdehnt, ist sicher von irgend einer functionellen Bedeutung. Man könnte daran denken, dass durch diese vorspringenden Theile das Ausgleiten der Luft erschwert werden soll.

Es würde danach der Widerstand der Luft auf die Unterseite der Feder sich etwas anders verhalten, als wenn diese Unterfläche vollständig glatt wäre; der Widerstand würde nicht einfach senkrecht zur Fläche gerichtet, also nicht nur vom Druck der ganzen Luftschicht senkrecht zur Federfläche abhängig sein, sondern ausserdem von der Richtung, in welcher die Feder bewegt wird, indem an all den kleinen Leisten diejenigen Seitenflächen, welche bei der Bewegung gegen die Luft vorausgehen, einen grösseren Widerstand erfahren würden, als die Rückseiten.

Es fehlen hierüber genaue Versuche; soweit ich die Sache verfolgt habe, scheint es mir nicht wahrscheinlich, dass durch diese *feinen* Erhebungen die resultirende Richtung des Widerstandes in irgendwie *erheblicher* Weise von der zur Fläche senkrechten Richtung abgelenkt und von der Fortbewegungsrichtung der Fläche abhängig gemacht wird.

Ein nicht unwichtiger, wenn auch vielleicht nicht der einzige Vortheil des Umstandes, dass jene Leisten und Balken nach unten statt nach oben vorspringen, ist die leichtere Verschiebbarkeit der Federn gegeneinander. Es kann jede äussere Feder ungehindert mit ihrer glatten oberen Fläche in ihrer ganzen Breite am abwärtsragenden *Kiel* der nächst inneren Feder hin- und hergleiten. Trüge die äussere Feder ihren Kiel und ihre Leisten oben, und die innere darüber liegende Feder hätte ihre glatte Fläche unten, so würde der vordere Rand der inneren Feder dem inneren *Barte* der unteren Feder zu dicht anliegen, sich in der Innenkante derselben, wo sie ihn überkreuzt, fangen u. s. w.

B. Gesichtspuncte und Definitionen bei der Untersuchung der Form der Bewegung und der Luftwiderstände.

Man erwartet vielleicht, dass an die Darstellung des Baues der Maschine und der Möglichkeiten ihrer Formveränderung eine Beschreibung der Flugmuskeln, als der hauptsächlichsten inneren

Kraftquellen sich anschliessen werde. Es liegt ja nahe, aus der Disposition und Grösse der Muskeln auf die beim Fluge stattfindenden Bewegungen und die Widerstände derselben zu schliessen, so z. B. aus der besonderen Lage der Hauptmuskeln der Schulter nach unten vom Schultergelenk zu folgern, dass der hauptsächlich wirksame Schlag in besonderer Richtung nach unten geführt und dass der hauptsächlichste locomotorische Widerstand an der unteren Fläche des Flügels entwickelt wird.

Aber derartige Betrachtungen führen zu leicht auf Irrwege. Die einzig sichere Methode der Erforschung der Mechanik des Fluges ist die von uns oben schon angedeutete.

Aus den wirklich beobachteten Bewegungen der Oberflächen des Flugthieres muss auf die Widerstände, von den auf diese Weise erforschten äusseren Kräften und den beobachteten Aenderungen der Bewegung muss auf die inneren Kräfte geschlossen werden. Erst wenn auf diese Weise eine sichere Grundlage gewonnen ist, kann die Untersuchung der im einzelnen Falle zur Disposition stehenden inneren Einrichtungen die weitere Erkenntniss des Wechselspiels der Kräfte fördern.

Wir stellen zunächst einige allgemeine Gesichtspunkte fest, welche bei der Untersuchung der Form der Bewegung und der Wirkungsweise der äuseren Kräfte beobachtet werden müssen, und einigen uns über gewisse Termini technici. Darauf sehen wir uns in der Literatur nach den über die Flugbewegung verbreiteten Ansichten um, bringen eine kleine Zahl eigener Beobachtungen zur Geltung und entwickeln daraus unsere Theorie von dem Spiel der Bewegungen und der Wirkungsweise der äusseren Kräfte bei dem horizontalen normalen Fluge.

Hinsichtlich der Form der Bewegung ist es von der grössten Wichtigkeit, scharf auseinander zu halten die relative Bewegung der Theile zu einander und die absolute Bewegung der Punkte gegenüber dem umgebenden Medium.

Die Stellung und Bewegung der Flügel zum Rumpf wird am besten bestimmt und definirt mit Hülfe von Coordinaten eines Coordinatensystems, dessen Hauptaxen und Hauptebenen senkrecht zu einander stehen und mit dem Rumpfe starr verbunden gedacht sind, und dessen Mittelpunkt im Drehpunkt des Schultergelenkes liegt.

Insofern als die Drehbewegungen des Rumpfes parallel seiner

Medianebene im allgemeinen unbedeutend sind, kann man ohne grossen Fehler annehmen, dass die Richtung der Hauptaxen und Hauptebenen mit Bezug auf den umgebenden Raum dieselbe bleibt, und kann dieselbe demnach so auswählen, dass auch die absoluten Bewegungen nach denselben Hauptrichtungen bequem zerlegt werden können.

Die eine Hauptrichtung (quere oder q-Richtung) wird am besten parallel der Verbindungslinie der beiden Schulterdrehpunkte genommen, die zweite parallel der Richtung, in welcher der Vogel seinem Ziele zustrebt (sagittal horizontale, Ziel- oder z-Richtung), die dritte vertical (v-Richtung).

Die 3 Hauptebenen sind dann:

Die Horizontalebene oder qz-Ebene.
Die verticale Querebene oder qv-Ebene.
Die Sagittalebene oder vz-Ebene.

Sind die Drehungen des Rumpfes erheblich, so wird man am besten die Richtungen der Hauptaxen des Coordinatensystems constant zum umgebenden Raum annehmen und sowohl die relativen Bewegungen des Rumpfes als die des Flügels in den 3 Hauptrichtungen des Coordinatensystems, gegenüber dem Mittelpunkt desselben, dem Gelenkdrehpunkt, bestimmen.

Die Bewegungen einzeler markirter Punkte des Flugthieres lassen sich am besten und einfachsten, bei Beobachtung ohne besondere Hülfsapparate, in folgender Weise beurtheilen:

1) An einem Vogel, der in gerader horizontaler Richtung vom Auge weg oder auf dasselbe zufliegt, sieht der Beobachter nur die Bewegungen in verticaler und in horizontaler querer Richtung. (Projektion der Bewegung auf die Querebene).
2) An einem Vogel, den man direkt von oben, oder direkt von unten her beim Fluge betrachtet, erkennt man die horizontalen (queren und sagittalen) Bewegungen, die verticale Bewegung dagegen nicht. (Projektion der Bewegung auf die Horizontalebene).
3) An einem Vogel, den man genau von der Seite her betrachtet, zeigen sich die sagittalen (verticalen und horizontalen) Bewegungen rein, und die quere horizontale Bewegung verschwindet. (Projektion der Bewegung auf die Sagittalebene).

Zwei dieser Beobachtungsweisen genügen allenfalls zur richtigen Beurtheilung der relativen Bewegung des Flügels.

Es handelt sich dabei vor Allem aus

a) Um die Bewegung der Längslinie des Flügels.

Unter Längslinie des Flügels verstehen wir im Folgenden, bei der Analyse der Kräfte des Fluges, die Gerade, welche durch den Gelenkdrehpunkt o und den Flügelschwerpunkt s geht. Was bei der Beobachtung des fliegenden Thieres als Längslinie erscheint, entspricht nur annähernd dieser theoretischen Längslinie. Durch die oben in No. 1 geschilderte Beobachtungsweise lässt sich die Hebung und Senkung der Längslinie bestimmen, genau genommen die Hebung und Senkung der Projection der Flügellängslinie auf die qv-Ebene, der Betrag ihrer Erhebung über die Horizontale (oder Horizontalebene) und das Maximum der Senkung unter dieselbe; der ganze Winkel, den sie in der qv-Ebene zu beschreiben scheint, soll hinfort als verticaler Schlagwinkel bezeichnet werden.

Bei der Ansicht von oben oder unten kann der Grad der Vor- oder Rückführung der Längslinie des Flügels und der horizontale Schlagwinkel, der von der Projection der Längslinie in der qz-Ebene beschrieben wird, beurtheilt werden; es ist auch zu ermitteln, welcher Antheil dieses Winkels vor, welcher hinter der qv-Ebene durch o liegt.

Ausserordentlich werthvoll sind sodann Beobachtungen über die Häufigkeit des Flügelschlages pro Secunde und über das zeitliche Verhältniss der Hin- und Herbewegung. Die Zeit einer Periode soll mit T, die Zahl der Flügelschläge mit n bezeichnet werden.

Die Betrachtung des fliegenden Thieres genau von der Seite giebt wichtigen Aufschluss über die Art, in welcher sich die z-Componenten der horizontalen Bewegungen und die v-Componenten der queren mit einander combiniren.

b) Die Kenntniss der Bewegung der Flügellängslinie genügt aber nicht zur Beurtheilung der relativen Bewegung des Flügels; es ist nöthig, auch noch die jeweilige Lage eines ausserhalb der Längslinie gelegenen Punktes zu kennen. Dadurch erst wird bestimmt, mit welcher der unzähligen Ebenen, welche durch die Flügellängslinie gelegt werden können, die Flügelfläche im Grossen und Ganzen parallel läuft. Für die Beurtheilung des Luftwiderstandes an irgend einer Fläche des Flügels ist es besonders wichtig, die Richtung einer senkrecht zu dieser Fläche gestellten Linie (Normale zu dieser Fläche) zu kennen.

Es ist nun aber kaum möglich, die Richtung einer solchen

Normalen durch direkte Beobachtung zu beurtheilen; und auch die Richtung irgend einer Linie in der Flügelfläche selbst, welche sich mit der Flügellängslinie unter einem ganz bestimmten constanten Winkel schneidet, ändert sich in einer viel zu complicirten Weise, als dass man sie durch Beobachtung genau verfolgen könnte. Wohl aber gelingt es, die Richtung gewisser Linien der Flügelflächen zu bestimmen, welche zwar ihren Winkel zur Flügellängslinie von Moment zu Moment ändern, aber doch in Wirklichkeit niemals mit ihr zusammenfallen; die Kenntniss ihrer Richtung und derjenigen einer Längslinie des Flächenstückes, die zur Flügellängslinie parallel oder doch möglichst parallel und ein für alle mal hinsichtlich ihrer Lage zu dieser bekannt ist, genügt dann zur Beurtheilung der Richtung des Flächenstückes.

Es handelt sich zum ersten um diejenige Linie des Flächenstückes, in welcher dieses von einer Sagittalebene geschnitten wird, um das sogenannte Sagittalprofil des Flächenstückes. Man kann auf diese Weise die Richtung der einzelnen Theile der Flügelfläche direkt bestimmen, oder aber man fasst die Ebene ins Auge, welche am besten mit der Ausbreitung des Flügels zusammenfällt, und bestimmt nach ihr diejenige der Einzelstücke, wenn deren Lage zur Hauptebene des Flügels bekannt ist.

Ueber die Richtung der Sagittalprofile der einzelnen Abschnitte des Flügels kann man bei der Betrachtung des Vogels von der Seite her in der allergröbsten Weise sich täuschen. Dagegen gewinnt man werthvolle Aufschlüsse, wenn man in einer Sagittalebene des Vogels steht, diesen also von unten, oder von hinten, oben oder vorn her beobachtet (s. o. pg. 207).

Man kann dann leicht ermessen, welche Punkte des Flügels in derselben Sagittalebene liegen (demselben Sagittalprofil angehören) und ob die vorderen Punkte höher oder tiefer liegen als die hinteren u. s. w.

Wir bezeichnen im Folgenden ein Flächenstück des Flügels oder die ganze Fläche des Flügels als pronirt, wenn das vordere Ende des Sagittalprofiles tiefer liegt, als das hintere, als supinirt dagegen, wenn das Gegentheil der Fall ist. Den nach vorn offenen Winkel, welchen das Sagittalprofil mit der z-Richtung bildet, bezeichnen wir als Pronationswinkel (k) resp. als Supinationswinkel (γ).

Umstellung des Flügels im Sinne der Verkleinerung von γ oder der Vergrösserung von k soll Pronation, die entgegengesetzte Supination genannt werden. Doch bemerke ich ausdrücklich,

dass diese Begriffe sich nicht unter allen Umständen und vollkommen mit dem decken, was unter einer Drehung des Flügels um seine Längslinie verstanden wird.

Für eine solche Drehung verwenden wir daher, wo auf die Unterscheidung Gewicht gelegt werden muss, die Bezeichnungen „Aufwärts- und Abwärtsrollung", wobei natürlich, wie bei jeder Drehung an Theilen eines Organismus, die Punkte der wichtigeren Vorderseite es sind, nach deren Auf- oder Abwärtsbewegung die Bezeichnung sich richtet.

Was sich auf die angedeutete Weise durch geübte und streng methodische Beobachtung namentlich an grösseren Fliegern feststellen lässt, darf nicht von vornherein missachtet werden; es soll vielmehr diese Art der Untersuchung allen Naturfreunden, welche viel Gelegenheit zur Beobachtung fliegender Thiere haben, dringend ans Herz gelegt sein. Auch empfiehlt es sich, das Bild des Vogels bei extrem gesenkten, gehobenen, vor- und rückgeführten Flügeln mit einigen Strichen zu skizziren. Daneben ist es von der allergrössten Bedeutung, dass Professor J. E. Marey Mittel und Wege ersonnen hat, um die relativen Bewegungen des Flügels gegenüber dem Rumpfe sich selbst registriren zu lassen. In seinem Buche, La machine animale, Paris 1878, beschreibt er diese Methoden im Zusammenhang. Uns interessirt augenblicklich nur die Art und Weise, nach der Marey die relativen Bewegungen des Flügels zerlegt hat. Es figurirt dabei als eine Componente der Drehbewegung die Rotation um die Längsaxe des Flügels. Es ist von Interesse zu wissen, was bei den Versuchen Marey's dabei thatsächlich gemessen worden ist.

M. befestigte auf die Dorsalseite des Flügels einen dünnen Stab der Länge nach und verband sein inneres Ende durch ein sog. zweiaxiges Gelenk, einen sog. Cardanus, mit einem Widerlager, das am Rumpf des Thieres befestigt war. Das Gelenk war so disponirt, dass es Drehbewegungen erlaubte parallel jeder beliebigen Längsebene durch die z-Richtung des Gelenkes und jede Drehung um die z-Axe selbst; war der Flügel mit dem Hebelarm starr verbunden, so musste jede Aenderung der Sagittalprofile des Flügels unmöglich gemacht sein. Indem nun aber der Cardanus selbst durch einen Stiel, um eine qq Axe drehbar, in das Rumpfwiderlager eingefügt war, vermochte der mit dem Hebel starr vereinigte Flügel ohne erhebliche Behinderung auch Bewegungen auszuführen, bei welchen die Richtung der Sagittalprofile sich änderte. Es lässt sich leicht nachweisen, dass dabei die Drehung

des Stieles des Cardanus genau der Drehung irgend eines Sagittalprofiles des Flügels an einer bestimmten Stelle seiner Längslinie entsprechen musste. Diese Drehung des Stieles des Cardanus, d. h. die Verschiebung eines Fadens, der um den Stiel geschlungen war und sich bei seiner Drehung auf- oder abwickelte, wurde von Marey direkt registrirt. Was er dabei gemessen hat, ist also nicht die Aenderung der Tangens des Winkels, den die Flügelebene mit der Längslinie des Thieres macht, wie Marey annimmt, sondern entspricht genau der Aenderung des Winkels, welchen ein Sagittalprofil an einer bestimmten Stelle der Flügellängslinie mit der z-Richtung durch diesen Punkt erfährt. Die Methode von Marey ist also ganz vorzüglich geeignet, um die Abänderung in der Neigung dieser Sagittalprofile zu registriren.

Die Feststellung der Richtung der Sagittalprofile für jede Phase der relativen Bewegung empfiehlt sich aber nicht bloss deshalb, weil sie mit einiger Sicherheit durch Beobachtung und Versuch gelingt, so dass es möglich wird, die Richtung der Flügelflächen zu beurtheilen; ihre Kenntniss ist auch noch direkt nützlich bei der Bestimmung des Einflusses der Luftwiderstände am Flügel auf die Bewegung des Ganzen.

Der Widerstand der Luft am Flügel wirkt vor allem aus als Druck senkrecht zur Oberfläche, also an irgend einem ebenen Flächenstück in der Richtung seiner Normalen. Letztere aber steht als Perpendikel auf der Flügelebene zu allen Linien der Ebene, welche durch ihren Fusspunkt gehen, senkrecht, also auch zu der sagittalen Profillinie. Errichtet man aber auf demselben Punkt des Sagittalprofils ein zweites Perpendikel zu demselben, welches aber in der Sagittalebene liegt, und legt eine Ebene durch die beiden Perpendikel, so steht diese Ebene senkrecht zu der Profillinie und zur Sagittalebene. In ihr kann man sich die in der Normalen wirkende Kraft zerlegt denken a) in eine sagittale (zv-) Componente, welche also immer noch senkrecht zum Sagittalprofil steht, und b) in eine quere Componente. Die quere Componente des Widerstandes hat keinen locomotorischen Effekt auf das Ganze, die sagittale Componente kommt voll und ganz in Betracht, sei es als nützlicher, sei es als schädlicher locomotorischer Widerstand. Auch wenn wir die absolute Grösse des gesammten senkrecht zu einem Flächenstück wirkenden Widerstandes und der in die zv-Ebene entfallenden Componente nicht kennen, so vermögen wir doch aus der

Neigung des Sagittalprofils einer gegen die Luft bewegten Fläche genau zu bestimmen, wie die z- und v-Componente des Widerstandes sich zu einander verhalten und ob sie positiv oder negativ sind.

Das Verhältniss zwischen den beiden sagittalen Componenten oder ihrer Resultirenden einerseits, der q Componente andererseits ist ebenfalls, wenn auch nicht auf ganz einfache Weise, zu ermitteln, sofern neben der Neigung des Sagittalprofils auch die Stellung der Flügellängslinie (oder der ihr möglichst parallelen Längslinie des Flächenstücks) bekannt ist. Um die absolute Grösse aller Componenten zu berechnen, muss freilich die absolute Grösse des resultirenden Widerstandes gegeben sein, und diese hängt ab von der Geschwindigkeit der Bewegung der Fläche in der Richtung ihrer Normalen. Die resultirende Bewegung des Flächenstückes muss also nach Grösse und Richtung bekannt sein, ebenso wie die Richtung des Flächenstückes selbst.

Man muss sich vor der Annahme hüten, dass die z-, v- und qComponenten der Widerstände berechnet werden können aus den entsprechenden Componenten der Bewegung der Fläche, ihrer Grösse und ihrer Stellung zu den 3 Richtungen.

Die Gesetze des Luftwiderstandes sollen hier nicht weitläufig diskutirt werden, vielmehr muss auf die physikalischen Fachschriften verwiesen werden [1]).

Helmholtz spricht sich dahin aus, dass bei den Verhält-

---

[1]) Mathematische Theorie des Luftwiderstandes: v. Littrow in Gehler's Physikal. Wörterbuch X. Bd. 2 Abth. 1842.

Ueberblick über die Geschichte der Lehre vom Widerstand der Mittel: Munike, Ebenda.

Prechtl, Untersuchungen über den Flug der Vögel. (Wien 1846) pg. 143—155.

Gronau, Die historische Entwickelung der Lehre vom Luftwiderstande. Programm 1865.

Helmholtz, Ueber ein Theorem, geometrisch ähnliche Bewegungen flüssiger Körper betreffend, nebst Anwendung auf das Problem, Luftballons zu lenken. Monatsber. d. Kgl. Pr. Acad. d. W. Berlin 1873, 26. Juni.

G. Wellner, Ueber die Möglichkeit der Luftschiffahrt. Brünn 1880 (pg. 13).

J. Marey, Expériences sur la résistance de l'air pour servir à la physiologie du vol des oiseaux, Physiologie expérimentale (1875 pg. 215).

nissen der Bewegung des Vogels in der Luft der Luftwiderstand proportional v^2 sei:

„In der That macht sich auch bei den meisten praktischen Versuchen in ausgedehnten flüssigen Massen derjenige Widerstand überwiegend geltend, welcher von der Beschleunigung der Flüssigkeit herrührt und namentlich in Folge der Bildung von Trennungsflächen entsteht. Dessen Grösse wächst dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional, während der von der eigentlichen Reibung herrührende Widerstand, der der Geschwindigkeit einfach proportional wachsen sollte, nur bei Versuchen in ganz engen Röhren und Gefässen rein hervortritt."

Nach Prechtl pg. 145 steht bei kleineren Geschwindigkeiten der Widerstand der Luft im Verhältniss des Quadrates der Geschwindigkeit, bei grösseren Geschwindigkeiten dagegen nimmt er in einem grösseren Verhältniss zu, weil dann auch die Verdichtung der Luft vor der Fläche bedeutend zunimmt. Es wäre demnach für die Verhältnisse des Vogels wohl $W = \zeta F . v^2$, wobei aber ζ einen Faktor darstellt, der bei Geschwindigkeiten, die von 0 an allmählig ansteigen, nicht unerheblich wächst.

Ausserdem ist dieser Faktor nach Duchemin und Prechtl bei Flächenelementen, die einen Theil einer Fläche ausmachen, welche um eine ihrer Richtungen sich dreht, erheblich grösser als wenn sie mit den benachbarten Stücken derselben Ebene translatorisch bewegt werden. Dies erscheint an und für sich sehr glaubwürdig, wenn man bedenkt, dass bei einer derartigen Bewegung der Fläche mehr neue Luftmassen in Bewegung gesetzt werden müssen, als bei geradliniger translatorischer Verschiebung der Fläche.

Marey suchte experimentell nachzuweisen, dass bei längere Zeit dauernder Bewegung einer Fläche in annähernd derselben Richtung der Widerstand wieder kleiner wird trotz gleichbleibender Geschwindigkeit, weil mehr und mehr die ganze umgebende Luft in eine strömende Bewegung im Sinne der Bewegung der Fläche versetzt wird. Er glaubt, dass hierauf der Unterschied in der Anstrengung des Flügelschlages beim Beginn des Fluges, bei noch geringer Horizontalgeschwindigkeit einerseits, grösserer Horizontalgeschwindigkeit andererseits beruhe. Im letzteren Fall treffe der niederschlagende Flügel stets neue Luftmassen. Man darf allerdings nicht unberücksichtigt lassen, dass bei fast stationärem Fluge auch der dorsale Widerstand am Flügel erheblich grösser ist. Doch würden Marey's Versuche mit künstlichen Flügeln beweisen, dass wirklich das von ihm beleuchtete Verhältniss eine

bedeutsame Rolle spielt, vorausgesetzt, dass die Sagittalprofile der Flügel in diesen Versuchen stets genau horizontal orientirt waren.

G. Wellner setzt für atmosphärische Luft den Coefficienten ζ der Formel $W = \zeta Fv^2 = 0{,}122$, vorausgesetzt, dass Flügelfläche und Geschwindigkeit in Metermass angegeben ist und W in Kilogramm. Nach der „Hütte" betrage der Coefficient ζ für kleine Flächen 0,114, für grosse 0,184. Nach Prof. Kargl sei $\zeta = 0{,}43$.

Soweit ich diese Verhältnisse beurtheilen kann, scheint es mir demnach erlaubt, die Formel $W = \zeta Fv^2$ zu benutzen, aber mit der Reserve, dass ζ nicht unter allen Umständen gleich gross ist, sondern bei sehr kleinen Flächen kleiner, als bei grossen und bei kleinen Geschwindigkeiten erheblich kleiner als bei grossen, vorausgesetzt, dass jene dem Beginn der Bewegung der Fläche gegen die Luft entsprechen.

C. Angaben der Autoren über die Form der Bewegung und die dabei erzeugten Luftwiderstände.

Es handelt sich zunächst nicht um einen historischen Rückblick auf die von verschiedenen Autoren aufgestellten Theorien des Fluges; dazu würde gehören, dass wir auch die über das Verhalten der inneren Kräfte geäusserten Ansichten in Betracht ziehen, was erst mit einigem Nutzen geschehen kann, nachdem die von uns im folgenden vertretene Auffassung die Billigung der Fachmänner erhalten haben wird.

Ich beschränke mich vielmehr zunächst darauf, die wichtigsten Ansichten, welche über die Form der Flugbewegung und die Art, in welcher der Luftwiderstand erzeugt wird, geäussert worden sind, und das, was in den bekanntesten Abhandlungen über den Flug in dieser Hinsicht geltend gemacht wurde, zu besprechen. Auf Vollständigkeit will die folgende Uebersicht nicht Anspruch erheben.

Der erste, welcher die mechanischen Verhältnisse des Fluges eingehender und mit scharfem Geiste erörtert hat, ist Borelli [1]). Nachdem dieser Autor die Struktur der Flügel und ihrer Theile geschildert hat, beschreibt er in der propositio 183 die Be-

[1]) Joh. Alphonsi Borelli, De motu animalium pars prima Lugduni Batavorum 1685. Caput XXII. De volatu.

wegung der Flügel beim Beginn und im Verlauf des Fluges. Die Flügel des Vogels bewegen sich fast senkrecht zum Horizonte (d. h. fast genau in einer Querebene durch die Schultergelenke) auf und ab. Beim Niederschlage gehen sie mit der unteren Breitseite voran, indem der vordere Rand des Flügels, der den harten, gefestigten Theil des Flügels darstellt, durch Muskelkräfte abwärts gezogen wird, entgegen der widerstehenden Luft. Die Anordnung der Flügelknochen und die gute Befestigung der Federn bewirkt, dass die ganze übrige Breite des Flügels dieser Bewegung gut ausgebreitet folgt.

Bei der Hebung aber geht der Flügel nicht mit der Breitseite, sondern mit der vorderen Kante voran, hiebweise durch die Luft. So geschieht die Hebung der Flügel ohne Behinderung durch den Luftwiderstand, ähnlich der Bewegung eines Schwertes. Beim Beginn des folgenden Niederschlages werden die Flügel durch einen queren Zug und durch den Widerstand der Luft ausgebreitet. In Folge des Schlages des Flügels abwärts auf die ähnlich einem festen Körper widerstehende, wenn auch zurückweichende Luft springt die ganze Maschine des Vogels in die Höhe und vollführt gleichsam einen Sprung, so dass der Flug eigentlich nichts Anderes ist, als eine Reihe von Sprüngen durch die Luft. Später, in der prop. 196 erläutert Borelli, wie dabei eine Vorbewegung zu Stande kommen kann. Er giebt eine schematische Zeichnung eines Vogels, der seine Flügel zum Niederschlag gehoben hat [1]). (Tab. XIII Fig. 1). Beim Niederschlage geben die biegsamen Theile des Flügels dem Widerstande der Luft doch in etwas nach, so dass die ganze Breite des Flügels und am meisten der hintere Rand gegenüber dem gefestigten vorderen Rande, an welchem die niederziehenden Muskeln angreifen, zurückbleibt. In Folge davon liegen die hinteren Ränder der gehobenen Flügel über dem Rücken des Thieres einander näher, als die Vorderränder, und es gleichen die Flächen, auf welche der Luftwiderstand wirkt, zusammen denen eines Keiles mit nach hinten gerichteter Schneide. Es muss also der Vogelkörper mit seinen Flügeln vom Widerstande der Luft gleich einem Keile nach vorn hinaus getrieben werden.

Auf diese Weise bewirkt der Flügelschlag gleichzeitig, dass

[1]) Diese Figur ist von Pettigrew (Die Ortsbewegung der Thiere etc. Deutsche Uebersetzung, Leipzig 1875 pg. 190) reproducirt; es handelt sich aber nicht, wie P. angiebt, um einen „künstlichen Vogel."

der Vogelkörper emporgetrieben wird, resp. entgegen der Schwere sprungweise schwebend sich hält, und dass er zugleich horizontal vorwärts bewegt wird. Die Annahme früherer Autoren, dass die Flügel nach hinten gegen den Schwanz schlagen, wie die Ruder eines Bootes, sei vollständig irrig. Borelli's Vergleich ist, wie leicht einzusehen, nicht ganz geschickt, insofern er nur für so lange einigermassen verständlich ist, als die Flügel über die Horizontalstellung gehoben sind. Doch hat man mit Recht an seine Beweisführung keinen zu strengen Massstab angelegt und ihn als den Begründer der Ansicht gelten lassen, dass der Flügel in pronirter Stellung niederschlage und dass der dabei entwickelte Luftwiderstand eine nach vorn wirkende Componente neben einer vertical aufwärts gerichteten habe [1]).

Barthez [2]) ist der Meinung, dass der Flügel beim Niederschlage schräg abwärts und rückwärts geführt wird, und belehrt uns darüber, dass dies bereits von Grew richtig beobachtet und von Deslandes und Anderen angenommen worden sei.

Barthez kennt nicht den Satz, dass der resultirende locomotorische Impuls der Resultante des Luftwiderstandes entspricht, und legt daher auf die Stellung der Flügelfläche beim Niederschlag kein Gewicht. Doch vergleicht er die Flügelbewegungen den Bewegungen, welche der Mensch beim Schwimmen mit seinen Armen macht. Er stimmt der von Silberschlag (1774) aufgestellten

---

[1]) Die weitläufige Darstellung der Ansichten von Borelli, welche wir bei Pettigrew finden, ist im Ganzen, abgesehen von dem oben besprochenen Punkte, correkt. Die Kritik aber, welche P. diesen Ansichten angedeihen lässt, ist nicht zutreffend. P. behauptet, Borelli's Ansicht, dass der Vogel beim Fliegen sich verhalte wie ein Keil, sei unrichtig. Keilwirkung bestehe allerdings, jeder Flügel bilde aber beim Fluge 2 Keile oder Kegel. Damit meint P. die Räume, welche durch die Hin- und Herbewegung des Flügels, der Spitze gegenüber der mehr in Ruhe bleibenden Basis, des Hinterrandes gegenüber dem weniger bewegten Vorderrande, beschrieben werden. Zugegeben, dass der Flügel wirklich diese (S. 197 von P. beschriebenen) Kegel oder Keile bildet, so ist doch offenbar hier das tertium comparationis mit einer Keilwirkung ein ganz anderes. Bei P.'s Kegeln besteht die Aehnlichkeit bloss in der äussern Gestalt der Räume, innerhalb welcher die Oscillation erfolgt. Borelli aber vergleicht die Wirkungsweise der Kräfte des Luftwiderstandes auf die wie beim Keil gestellten Flügelflächen mit den Kräften, welche das Austreiben eines Keiles bewirken.

[2]) Barthez, Nouvelle Méchanique de l'Homme et des Animaux Carcassonne 1798. 6. Section. Du vol des oiseaux.

Meinung bei, dass der Lenkfittich ein wesentliches Hülfsorgan zur Ausführung von Wendungen nach der Seite sei.

Mit dem Niederschlage des Flügels verbindet sich nach BARTHEZ eine Streckung des Ellbogen- und Handgelenkes. Die Federn dienen in ihrer Ausbreitung zur Vergrösserung des Widerstandes. Ausserdem aber sind sie vermöge ihrer Elasticität von einiger Bedeutung für die Prolongation der Einwirkung des Widerstandes, indem sie beim Niederschlage etwas abgebogen werden und nach Vollendung desselben erst in ihre Gleichgewichtslage zurückkehren. Bei der Hebung wird der Flügel, wenn die Flügelschläge nicht zu rasch folgen, eingezogen, so dass die Federn mit möglichst wenig schädlichem Luftwiderstand bewegt werden. Auch an und für sich erleichert die grössere Kürze des Hebelarms die Hebung.

Reich an zutreffenden Beobachtungen über die Flugbewegungen ist das wenig bekannte Werk von ZACHARIAE [1]).

Ueber den uns interessirenden Punkt äussert er Folgendes: In Folge des perpendiculären Niederschlages des Flügels erhält der Rumpf einen Impuls nach oben. Sein schräg nach vorn aufsteigender Rücken wirkt aber als Drachenfläche und es „schiesst der Rumpf in einer gegen den Horizont geneigten Richtung nach vorn hin aufwärts, gleichsam unter einer über ihm liegenden und ihm das senkrechte Steigen verwehrenden schiefen Fläche.“

Dazu aber, dass der Vogel nicht aufsteige, sondern horizontal vorwärts gehe, muss die Hebung der Flügel dienen, bei welcher an der oberen Seite des Flügels ein nach unten gerichteter Widerstand erzeugt wird. Das Emporsteigen des Vogels wird dadurch gehemmt. Doch ist die Wirkung des Niederschlages grösser als diejenige der Flügelhebung, weil der Flügel bei der ersteren Bewegung aus der natürlichen concaven Gestalt möglichst in die ausgebreitete übergeht, bei der Hebung aber sich stärker wölbt, also verkleinert und mit der Wölbung voran gegen die Luft geht, ausserdem durch den Widerstand der Luft namentlich hinten stärker zurückgehalten wird. Möglicherweise kommt unter Umständen eine aktive supinatorische Umstellung des Flügelgerüstes hinzu. Jedenfalls ist der Neigungswinkel (der Sagittalprofile) gegenüber dem Horizont kleiner beim Niederschlage, als beim Aufschlage. ZACHARIAE ist also unzweifel-

---

[1]) AUG. WILH. ZACHARIAE: Die Elemente der Luftschwimmkunst. Wittenberg 1807.

haft der Meinung, dass der Flügel in supinirter Stellung nach oben geht und dabei an seiner oberen Seite einen Luftwiderstand erzeugt, hat aber nicht berücksichtigt, dass ein solcher Widerstand den Vogel nothwendig vorwärts treiben müsste, lässt jenen vielmehr rückwärts abwärts wirken. (S. Fig. 9). Ueber die Richtung der Schlagebene zum Körper des Thieres äussert sich Zachariae nicht ausdrücklich, er scheint aber der Meinung zu sein, dass sie wesentlich vertical und quer steht (perpendiculär).

Straus-Dürckheim in seiner mit staunenswerthem Fleisse ausgearbeiteten Anatomie des Maikäfers [1]) spricht die Ansicht aus, dass bei den Insecten sowohl wie bei den meisten Vögeln der Flügel als Ganzes, ohne sich abwechselnd zu beugen und zu strecken, hin und her schlage. Die Ebene, in welcher diese Bewegung geschieht und welche wir kurz als „Schlagebene“ bezeichnen wollen, ist aber nach ihm nicht nothwendig eine verticale Querebene durch die Einlenkungsstellen der Flügel am Rumpf. Fliegt das Thier schräg vorwärts aufwärts, so schlagen die Flügel von hinten oben nach vorn unten, desgleichen in manchen Fällen, wenn sich das Thier (Insect) in stationärem Fluge an derselben Stelle hält. Beim Fluge nach vorn und unten dagegen gehen die Flügel von vorn oben nach hinten unten und umgekehrt. Der Niederschlag geschieht in pronirter Stellung des Flügels, indem die biegsamen hinteren Theile des Flügels durch den Widerstand der Luft abgebogen und zurückgehalten werden. Die resultirende Einwirkung des Widerstandes für den ganzen Niederschlag entspricht ungefähr in ihrer Richtung nach vorn oben der Richtung des Widerstandes, welche der Flügel beim Passiren der Mittellage erzeugt. Bei der Hebung des Flügels bleibt umgekehrt der Flügel, der schon in der Gleichgewichtslage supinirt sein kann (Coleopteren), mit seinem hinteren Theil zurück, geht also in supinirter Stellung mit der oberen Breitseite voran gegen die Luft und erzeugt einen nach unten vorn gerichteten Widerstand.

Es giebt nach Str.-D. noch eine zweite Art des stationären Fluges, dadurch charakterisirt, dass der Rumpf fast gar nicht aufgerichtet ist und dass der Flügel sich annähernd in einer Verticalebene hin und her bewegt; dabei wird er beim Niederschlag

---

[1]) Herc. Straus-Dürckheim. Considérations générales sur l'anatomie comparée des animaux articulés. Textband und Atlas 4⁰. Paris, Strassbourg, Bruxelles 1828.

in supinirter Stellung gehalten, bei der Hebung aber geht er auch hier, entgegen einem auf seine obere Fläche wirkenden Widerstand, stärker supinirt nach oben.

Nicht alle Vögel fliegen übrigens auf die zuvor angebene Weise mit ausgestreckten Fügeln. Die Spechte z. B. geben sich durch 3—4 schnelle Flügelschläge den nöthigen Impuls, um mit an den Leib angeschlossenen Flügeln in einer flachen aufwärts convexen Curve auf und ab zu steigen, worauf dann eine neue Aktion erfolgt.

Joh. Müller [1]) scheint der Meinung zu sein, dass der Flügel direkt nach unten schlage und dabei die Unterfläche etwas nach hinten wende, er fügt aber hinzu, dass die Neigung der Flügel zur Unterhaltung der horizontalen Bewegung nicht stark zu sein brauche, denn selbst bei einem „wagrechten Schlag" des Flügels müssen die biegsamen Schwungfedern durch den Widerstand der Luft sogleich eine schiefe Ebene gegen den vorderen nicht bebeweglichen Rand des Flügels bilden.

Die Hebung geschieht mit eingezogenem Flügel.

Prechtl [2]) erörtert, nachdem er die inneren und äusseren Verhältnisse des Vogelkörpers und seiner Flugwerkzeuge beschrieben, im 3. Kapitel (pg. 115 u. ff.) die Flugbewegungen folgendermassen:

Der Rumpf liegt seinen Beobachtungen zu Folge beim gewöhnlichen Fluge annähernd horizontal; der Niederschlag des Flügels erfolgt senkrecht (in einer verticalen Querebene durch die Schultergelenke), allenfalls auch in einer Richtung, welche nach vorn oder hinten mit der senkrechten einen kleinen Winkel macht (§ 128, 181).

Am Ende des Niederschlages wird der Flügel zusammengezogen und unmittelbar darauf der bereits vollständig zusammengezogene Flügel, (dessen Schwinge dem Vorderarm, dessen Vorderarm dem Oberarm und dessen Oberarm dem Leib angelegt ist), gehoben; in der höchsten Lage wird er durch Muskelkraft fast augenblicklich, bis zu den äussersten Schwingen hinaus ausgestreckt, und der Lenkfittich wird vorgelegt, wobei die sich entfaltenden Schwungfedern mit den scharfen Rändern voran durch die Luft gehen. Die Hebung geschieht also am vollständig eingezogenen Flügel, der ausserdem noch mit einer stark gewölbten oberen

[1]) Joh. Müller, Handbuch der Physiologie des Menschen. II. 1. Coblenz 1837, pg. 120.

[2]) J. Prechtl, Untersuchungen über den Flug der Vögel. Wien 1846.

Fläche gegen die Luft geht, also möglichst wenig Luftwiderstand erzeugt. Der Niederschlag erfolgt meist bei vollständig gestrecktem Flügel, in gewissen Fällen aber bei unvollkommener Streckung, indem namentlich Vorderarm und Oberarm noch näher am Leib und im Ellbogen stärker gegeneinander geknickt bleiben, die Schwinge aber wie gewöhnlich ausgebreitet ist, so namentlich, wenn es gilt, die Vorbewegung zu mässigen. (Der Falke beim Rütteln).

Die Ebene des ausgestreckten Flügels läuft im Ganzen parallel der Längsaxe des Rumpfes bei jeder Stellung; einzelne Theile der Flügelfläche sind aber dabei stets nach vorn und unten gegen den Horizont geneigt (pronirt), nämlich:

1) Das Dreieck der zwischen Oberarm und Vorderarm vorn ausgespannten vorderen Flughaut, welches von Prechtl als Windfang bezeichnet wird.
2) Der Lenkfittich, welcher sich über die Mittelhand und das erste Glied des grossen Fingers vorwärts hinausschiebt.
3) Die erste Schwungfeder oder die Lenkfeder, welche gewöhnlich kürzer als die folgenden ist.
4) Die in Folge der Wirkung des Streckers und Vorwärtswenders des grossen Fingers gleich dem vorderen Rande eines Gewölbes abwärts vorragenden zwei ersten Schwungfedern, die auf die Lenkfeder nach hinten folgen.

Alle diese Theile zusammen werden als Schranke bezeichnet. Diese ist sowohl bei den Schnellflügeln oder Stossflügeln (deren Schwungfedern steifer, schiefer und fester dem Knochen aufgesetzt und auch bei stärkster Ausbreitung kaum auseinander gespreizt sind) als bei den Ruderflügeln vorhanden.

Bei den Ruderflügeln kommen dann aber noch hauptsächlich die ausgeschnittenen, mit den freien Enden weit auseinandergespreizten „Ruderfedern“, welche durch den Luftwiderstand selbst und unter Mitwirkung von denselben Muskeln des grossen Fingers schräg (in Pronation) gestellt sind, in Betracht. Die Krähe, der Weih, die Bussarde und gewisse andere Falken haben 5 solcher Federn, Adler und Seeadler 6, der graue und weissköpfige Geier 7, der Condor 8.

Dieses ganze System schräger Flächen dient der Vorwärtsbewegung, indem der an der Unterseite beim Niederschlag erzeugte Widerstand eine vorwärtstreibende Componente hat. Die Grösse dieses Einflusses ist regulirbar; durch Zunahme der Beugung im Ellbogen z. B. wird der Windfang verkleinert und der vorwärtstreibende Einfluss vermindert. (Genaueres s. § 133, 182 u. a. a. O.)

Prechtl ist durch seine mathematische Behandlung der Elemente des Fluges und durch die Beobachtung zu der Annahme gelangt, dass „beim Fluge des Vogels der Niederschlag senkrecht geschehe, folglich die Vorwärtsbewegung nur durch die Wirkung der Schranke und der Ruderfedern bewirkt werde. — Man bemerke auch in dieser That, wenn man den Flügelschlag grösserer Vögel genau betrachte, dass dieser Niederschlag senkrecht sei. Das scheinbare Zurückschlagen des Flügels, das man von einem gewissen Standpunkte aus bemerkt, ist nach P. eine optische Täuschung, weil am Ende des Niederschlages die Schwinge eingezogen, folglich nach rückwärts bewegt wird, welche Bewegung noch dem Niederschlage zuzugehören scheint".

Die Flügelfläche bewegt sich nach Giraud-Teulon [1]) in ausgespanntem Zustande von oben nach unten und zugleich von vorn nach hinten. Bei der Hebung faltet sich der Flügel zusammen und durchschneidet die Luft so, dass dabei der vorstehende Winkel des Radiocarpalgelenkes und der obere scharfe Rand des Flügels selbst, dem dann die scharfen Federränder folgen, vorangehen. Auf diese Weise wird bewirkt, dass der Luftwiderstand möglichst gering ist.

Nach d'Esterno [2]) bewegt sich die Flügelspitze in einer schmalen Ellipse, deren Längsdurchmesser von oben vorn nach unten hinten gerichtet ist, und zwar beschreibt sie beim Niederschlag die vordere Peripherie der Ellipse in rückwärts abwärts gerichteter Bewegung und steigt bei der Hebung in der hinteren Längsseite der Ellipse vorwärts aufwärts empor. Esterno giebt zu, dass mitunter, bei besonders rascher Vorbewegung, der Flügel beim Niederschlag seine Unterfläche rückwärts wendet (also pronirt ist). Für gewöhnlich aber sei die Unterseite beim Niederschlage weder vorwärts noch rückwärts gewendet (die Sagittalprofile bleiben horizontal).

Bei der Hebung findet eine supinatorische Drehung des Flügels statt (Drachenwirkung).

Krarup-Hansen [3]) hat eine kleine Schrift über den Flug

---

[1]) Fel. Giraud-Teulon, Principes de Mécanique animale ou étude de la locomotion chez l'Homme et les animaux vertébrés. Paris 1858.

[2]) d'Esterno. Du vol des Oiseaux. Indication des 7 Lois du Vol ramé et des 8 lois du Vol à Voile. Paris 1864.

[3]) C. J. L. Krarup-Hansen, Beiträge zu einer Theorie des Fluges der Vögel, der Insecten und Fledermäuse. Copenhagen 1869.

veröffentlicht, welche manche gute Bemerkung, doch auch sehr vieles Incorrecte enthält. Es ist ungemein schwierig, derartigen nur halb wissenschaftlich, aber ganz gemeinfasslich sein wollenden Abhandlungen eine gerechte Kritik angedeihen zu lassen. Ich beschränke mich für den Augenblick nur darauf, die Ansicht des Autors bezüglich der Form der Bewegung zu reproduciren.

Die Flügelspitzen der fliegenden Thiere beschreiben nach Kr.-H. sehr grosse Bogen in einer zur Längsrichtung des Thieres senkrecht stehenden Ebene. Der Vorderarm ist regelmässig stärker und steifer; der biegsame Hinterrand der Flügel bleibt sowohl beim Niederschlag als bei der Hebung gegenüber dem vorderen zurück. So wird ein schräg vorwärts aufwärts oder schräg vorwärts abwärts gerichteter Widerstand erzeugt. Der Umstand, dass die Luft am Flügel in Bewegung gesetzt wird, verdoppelt den Stoss des Luftwiderstandes bei der darauf folgenden Gegenbewegung; dadurch und durch eine nur unklar dargestellte Wirkung der Elasticität der Flügelflächen sollen die letzteren in eine Art von Schwingung um die Vorderränder gelangen, wobei aber doch die Hinterränder im Ganzen kleinere Bewegungen machen, als die Vorderränder! Die resultirende treibende Kraft wirkt in der Richtung der Flügelflächen, sodass z. B. Sperlinge zum Aufsteigen sich aufrichten. Der Flug wird also ebensowohl durch den Aufwärtsschlag als durch den Abwärtsschlag des Flügels gefördert. Auf die Unterscheidung verschiedener Typen des Fluges und ihre Benennung durch Kr.-H. will ich nicht näher eingehen.

Die Darstellung von Pettigrew [1]) gleicht einem verwickelten Knäuel. Der Faden der Darstellung ist auf das Unverantwortlichste verschlungen und verknotet, öfters gänzlich zerrissen und falsch wieder aufgenommen. Die einzelnen isolirbaren Gedanken erweisen sich meist als unbrauchbares Material, sobald mechanische Fragen in Betracht kommen, indem hier dem Autor eine gute Grundlage fehlt; schätzenswerth sind manche Beobachtungen. Es ist zu bedauern, dass dieses Werk in die internationale Bibliothek aufgenommen worden ist und soviel Verbreitung gefunden hat. Auch nur in Folge dieses Umstandes sehe ich mich zu einer ernsten Kritik genöthigt, welche ich sonst gern unterlassen würde. Ich will versuchen, die wesentlichen Züge der Pettigrew'schen Lehre

---

[1]) J. Bell Pettigrew. Die Ortsbewegung der Thiere nebst Bemerkungen über die Luftschifffahrt. Deutsche Ausgabe. Internat. wiss. Bibliothek X. Bd. Leipzig 1875.

herauszupräpariren und dem Leser in übersichtlicherem Zusammenhang vorzuführen.

Bei den Vögeln und Fledermäusen geschieht nach Pettigrew der Niederschlag des Flügels nicht direkt nach unten, wie Borelli, der Herzog von Argyll u. A. annehmen, und auch nicht, wie Owen, Macgillivray, Bishop und Liais glauben, nach unten und hinten, sondern relativ zum Körper nach unten und vorn (pg. 195, 169).

Die Rückführung geschieht in umgekehrter Richtung, nach oben und hinten. Bei den Insecten geht die Schlagebene noch mehr horizontal von oben und hinten nach unten und vorn.

Es stehe fest, sagt P. auf Seite 195, dass der Flügel bei dem Abwärtsschlagen nur ganz wenig gegen den Horizont geneigt sei.

An verschiedenen anderen Stellen aber vertritt P. ausdrücklich die Meinung, dass beim Beginne des Niederschlages die sagittalen Profile des Flügels annähernd horizontal stehen und dass nun im Verlaufe des Niederschlages eine starke Supination des Flügels erfolgt, welche am Ende des Niederschlages ihr Maximum erreicht (S. 84 u. a. a. O.). Es steht dann der Flügel beim Vogel zuletzt rechtwinklig zum Horizont (S. 138, Fig. 83), bei den Insecten erreicht die Supination keinen so hohen Grad. Während der Hebung dreht sich der Flügel in umgekehrter Richtung wieder zurück, bei Insecten ebensowohl wie bei den Vögeln (Fig. 83 und 84). Die Flügelfläche ist beim Niederschlage derart schraubenförmig gewunden, dass sie sich bei dieser supinatorischen Drehung während der Streckung (Niederschlag) in und auf die Luft schraubt, während sie bei der Beugung (oder der Hebung), wo sie im entgegengesetzten Sinne gewunden ist (s. u.), sich aus der Luft wieder herausschraubt.

„Der Flügel der Fledermäuse und Vögel lässt sich mithin mit einem ungeheuren Bohrer vergleichen, dessen Achse die Knochen des Flügels, dessen Gewinde die Flughaut darstellt". (S. 152, 153).

Ein treffendes Urtheil über diese letzten Anschauungen hat schon Marey abgegeben. (La machine animale pag. 219, 220).

Es ist schwer zu begreifen, wie P. dazu gekommen ist, die oben angeführte Meinung, dass der Flügel beim Niederschlage so stark supinirt werde, für Vögel und Insekten zu vertreten, während er doch (S. 87 u. ff. S. 120 u. ff. Fig. 53, Fig. 66—69) zuerst die

Flügelstellungen bei den Insekten in ganz anderer Weise beschrieben hat. Die schematischen Figuren 68 und 69 z. B. zeigen deutlich, dass der Insektenflügel stets mit seinem steiferen Vorderrande, ausserdem beim Nieder- oder Vorschlage mit der ventralen, bei dem Rückschlage mit der dorsalen Breitseite voran gegen die Luft geht, der biegsame Hinterrand des Flügels also immer etwas zurückbleibt. Bei solcher Flügelstellung kann sich wirklich eine resultirende, wesentlich hebende Wirkung ergeben. Auch hat P. diese Verhältnisse nicht unrichtig durch die Bewegung eines künstlichen, in einem Kugelgelenke befestigten Flügels nachgeahmt und gefunden, dass der Flügel nach der Seite des gefestigten Flügelrandes auszuweichen sucht, und sich, wenn man dies durch gleichmässigen Gegendruck an der Flügelwurzel verhindert und seine Wurzel einfach und geradlinig hin und her treibt, vermöge der wechselnden Aufbiegung des Hinterrandes in einer Achtertour bewegt.

Ähnliche Versuche mit einem in der Mittelstellung horizontal ausgebreiteten, in verticaler Schlagebene bewegten Flügel (Fig. 52 pag. 88, Fig. 53) ergaben dieselbe Tendenz des Flügels, nach der Seite des starren Randes, hier also horizontal nach vorn auszuweichen. Der Flügel beschrieb eine ganz ähnliche, aber vertical gestellte Achtertour; auch hier wieder musste natürlich abwechselnd die untere Breitseite mit der vorderen Kante voran (abwärts), dann die obere Breitseite mit der vorderen Kante voran (aufwärts) gegen die Luft vorgegangen sein. Bei diesem Modell des Vogelflügels erfolgte also der Niederschlag in pronirter, die Hebung in supinirter Stellung und es lässt sich gegen diese Versuche von P. wirklich nichts einwenden. Combiniren sich nun aber die relativen Bewegungen des Insekten- oder Vogelflügels in ihren Achtertouren mit den horizontalen Verschiebungen des ganzen Körpers, so lösen sich allerdings die Achtertouren zu Schleifen-, dann zu Zickzack- und Wellenlinien auf, wie P. dies auf S. 129 darstellt; aber man versteht nicht, warum sich nun die Stellungsänderung der Sagittalprofile des Flügels plötzlich anders, nämlich so wie sie in Fig. 83, 84, 86, 87 dargestellt ist, verhalten soll.

Vielleicht ist P. auf folgende Weise irregeführt worden (die Einsicht in die Gründe seines Irrthums erlaubt vielleicht eine mildere, jedenfalls aber eine gerechtere Beurtheilung).

Am Ende des Niederschlages findet bei dem künstlichen Flügel, der eine vorwärts- oder aufwärtstreibende Wirkung hat, eine Umstellung der Fläche in supinatorischem Sinne statt. Pettigrew,

der sicher den Satz nicht gekannt oder im Gedächtniss behalten hat, dass der locomotorische Impuls beim Flügelschlage wesentlich nach Grösse und Richtung mit dem senkrecht zur Flügelfläche gerichteten Luftwiderstande übereinstimmt, hat die Umstellung der Fläche am Ende des Niederschlages als das Wesentliche, Treibende aufgefasst; der Schluss lag dann für ihn nahe, dass sie ebensogut während des ganzen Niederschlages vor sich gehen könne. Dass aber bei der Hebung die Supination des Flügels sich mehr und mehr vermindere, ist sicher das Ergebniss des im folgenden dargelegten Gedankenganges unseres Autors: Während der Rückführung oder Hebung des Flügels geht dieser bei fehlender Vorbewegung des Ganzen mit der Dorsalseite und mit dem dickeren Rande voran in starker Supination, ja beim Insect in Hypersupination gegen die Luft (Fig. 68 u. 69). Kommt aber genügend grosse Vorbewegung des Ganzen hinzu, so wird nun doch die bei der relativen Rückbewegung nachfolgende Breitseite des Flügels absolut gegen die Luft bewegt; der biegsame Hinterrand des Flügels wird dadurch stärker zurückgehalten, Es wird während der ganzen Hebung des Flügels die Supination vermindert (Rückkehr aus der Supinationsstellung zur Mittelstellung). Vgl. pg. 138.

Dass Pettigrew auf S. 85 die Ansicht vertritt, es dränge bei der Hebung des Flügels gleichzeitig „die obere Fläche „desselben gegen die Luft, gleichzeitig aber auch die untere Fläche „durch den in Bewegung befindlichen Körper, indem sie wie ein „Drache schräg nach oben bewegt wird“, darüber dürfen wir uns bei allem Uebrigen nicht allzusehr wundern.

Auf Seite 196 (Fig. 113 u. 114) sucht schliesslich P. noch direkt zu beweisen, dass ein horizontaler Flug nicht möglich sei, wenn der Flügel beim Niederschlage pronirt, bei der Hebung supinirt gehalten werde, dass dagegen durch den Niederschlag eines supinirten und supinatorisch gegen die Luft gedrehten Flügels der Körper nach vorn und oben gehoben, durch Hebung des supinirten Flügels aber, bei fortgesetzter Abnahme der Supination, direkt nach vorn, im ganzen also nach vorn oben getrieben und bei gleichzeitiger Mitwirkung der Schwerkraft horizontal vorwärts bewegt werde (S. 197). Wir brauchen über die Beweiskraft dieser Deduction kein Wort zu verlieren.

Der Flügel dreht sich also nach Pettigrew

1) um die Schulter als Mittelpunkt auf und ab und beschreibt einen Kegel; und zwar umschreibt die Spitze, wenn man von

der Vorbewegung des Ganzen absieht, in einer Achtertour die nach aussen und etwas nach unten gewendete (pg. 130) Basis des Kegels. Der Flügel dreht sich ferner

2) um den Vorderrand als Axe und beschreibt so, wenn man von der übrigen Bewegung absieht, wieder einen Kegel (sollte heissen einen Keil), dessen Basis durch den hinteren Flügelrand beschrieben und ebenfalls von einer Achtertour umgrenzt wird und nach hinten und etwas nach unten sieht (130).

Beide Bewegungen können mit den Bewegungen eines Wrickruders verglichen werden, die erste treibe den Körper nach oben, die zweite nach vorn.

Ein solcher Vergleich ist aber durchaus unstatthaft. Die von P. angenommenen Wirkungen könnten nur dann stattfinden, wenn bloss die Rückbewegung der Flächen von den Extremstellungen zu den mittleren Excursionslagen mit grosser Kraft und mit Erzeugung grosser Widerstände geschehen würden, die Bewegungen aber aus den Mittellagen in die Extremstellungen mit viel geringerem Widerstande vor sich gehen könnten[1]), während nach Pettigrew etwas derartiges in Wirklichkeit nicht vorkommt (S. 130).

Beim Niederschlag ist nach P. der Flügel ausgestreckt; und es schlagen die Flügel weiter unter die Horizontalebene des Schultergegelenkes hinab, als sie sich bei der Hebung über dieselbe erheben (S. 131). Bei der Hebung wird der Flügel eingezogen; die Unterfläche drückt als Drachenfläche gegen die Luft; weil aber unser Autor annimmt, dass zugleich auch an der Oberseite ein Widerstand erzeugt wird (S. 85), so lässt er die Luft von oben nach unten zwischen den bei der Hebung ventilartig sich von einander entfernenden grossen Federn durchströmen (pg. 129).

Die Flügelflächen sind ganz allgemein schraubenförmig gewunden, und P. schreibt diesem Umstande fast wunderbar erscheinende Effekte zu. Die Schraubenflächen ändern vielfach ihre Gestalt (pg. 126 u. ff.). Die Ränder der Flügel sind bei Insekten und Vögeln während der Streckung (Niederschlag) und Beugung (Hebung) in entgegengesetzten Curven gekrümmt.

Ich gebe hier zwei Abbildungen (Fig. 8 und 9), welche, wie ich glaube, die wirkliche Meinung von P. für den Vogelflügel (pg. 126 u. ff.) gut illustriren. Diese geht, wie mir scheint, da-

---

[1]) Vgl. die Erörterungen über die Bewegungen des Schwimmschwanzes der Fische in meiner Schrift: Zur Lehre von der Ortsbewegung der Fische. Stuttgart 1882.

hin, dass bei der Streckung (im Niederschlag) der basale Theil des Flügels stärker supinirt ist, als der distale (unsere Fig. 8). Bei der Beugung (Hebung) dagegen verhalte sich die Sache umgekehrt (unsere Fig. 9); *a b c* bedeutet in beiden Figuren den

Fig. 8.

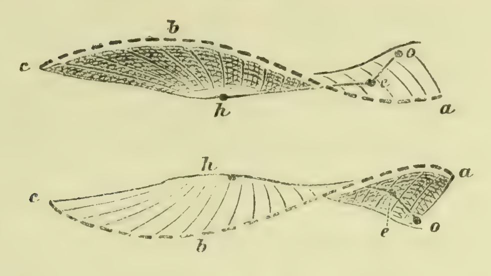


Fig. 9.

Hinterrand, *o h c* den Vorderrand des Flügels; *e* ist das Ellbogen-, *h* das Handgelenk. Die Umstellung erfolgt bei den Vögeln und Fledermäusen durch die Knochen des Flügels, bei den Insekten durch die Rippen.

In Folge dieser verschiedenen Neigung der verschiedenen Sagittalprofile des Flügels und der gegenseitigen Umstellbarkeit vermögen sich die Flügeltheile überall ihren Trajectorien bis zu einem gewissen Grade anzuschmiegen, so dass z. B. die geringe Supination der Flügelspitze beim Niederschlage der grösseren Abwärtsgeschwindigkeit entspricht (S. 138, 143).

Diesen letzten Aufstellungen des Autors über die Schraubenform des Flügels und ihre Bedeutung enthalten viel Richtiges; doch ist das Wesen der Sache nur angedeutet, nicht klar explicirt. Ausserdem verdienen noch zwei andre Punkte seiner Darstellung Beachtung und Lob:

P. macht darauf aufmerksam, dass der Rumpf sinken muss und, wie die Beobachtung namentlich an Möven lehre, wirklich sinkt, während der Flügel in die Höhe geht, und umgekehrt (Fig. 83, 86, 87, dann namentl. S. 134).

Besonders bemerkenswerth aber ist, dass P. nicht bloss die relative Bewegung der Theile, sondern die absolute, die Trajektorien der Flügeltheile und des Rumpfes und die Stellung der Oberflächen bei dieser Bewegung ins Auge fasst. Man wird bedauern, dass er trotzdem nicht dazu gekommen ist, die beim Fluge erzeugten Widerstände nach dem Ort und der Richtung ihrer Einwirkung gehörig zu würdigen.

Legen wir das Buch von Pettigrew im Ganzen unbefriedigt bei Seite, so folgen wir mit um so grösserem Interesse und mit um so rückhaltloserer Anerkennung den Auseinandersetzungen von J. E. Marey, der sich durch eine Reihe wichtiger Untersuchungen für die Lehre von der Ortsbewegung der Thiere und des Menschen die grössten Verdienste erworben hat. Wie in andern Gebieten, so kann auch hier ein wirklicher Fortschritt in der Methodik der Untersuchung nicht genug gewürdigt werden, und einen solchen Fortschritt repräsentirt die Verwendung der verschiedensten Registrirapparate zur Aufzeichnung der bei der Locomotion sich abspielenden Bewegungen und Krafteinwirkungen.

Es ist hier am Platze, die Hauptergebnisse von Marey's langjährigen Studien über die Ortsbewegung in der Luft, wie er uns dieselben im 3. Buche von La machine animale (Paris 1878) vor Augen führt, zu durchmustern.

Zunächst lässt M. die Flügel von Insecten entlang einem rotirenden, berussten Cylinder auf- und abschlagen und gewinnt so werthvolle Kenntnisse über die Flügelbewegung von Insecten, die vom Untersucher festgehalten werden, oder sich etwa „schwebend", wie M. sich ausdrückt (in stationärem Fluge nach Straus-Dürckheim), frei an derselben Stelle der Luft halten.

Die Zahl der Flügelschläge wird bestimmt, die grosse Regelmässigkeit der Aktion und der Synchronismus in der Thätigkeit beider Flügel constatirt. Durch Beobachtung von Insecten, denen eine Breitseite des Flügels vergoldet war, und durch die von den Flügeln am berussten Cylinder aufgezeichneten Curven ermittelte Marey, dass die Flügelspitze (beim stationären Fluge) eine geschlossene Achtertour beschreibt. Es bewegt sich dann naturgemäss die Flügelspitze, wenn sie die beiden Schmalseiten der 8 durchläuft, von derselben einen Breitseite *a* der Achterfigur nach der zweiten Breitseite *b* hin. Es wurde experimentell von M. festgestellt, dass die Breitseite *a* bei natürlicher Flugstellung des Rumpfes nach vorn oder oben gewendet ist, d. h. nach derjenigen Seite hin, nach welcher der Flügelschlag den Körper des Thieres zu treiben strebt. Der eine Schlag kann immer als Niederschlag, der andere als Aufschlag bezeichnet werden. Der Flügel geht bei seiner Bewegung mit den Breitseiten, beim Niederschlag mit der ventralen, bei der Hebung mit der dorsalen voran gegen die Luft. Und zwar ist der vordere, der vorderen Breitseite der 8 zugewendete, gesteifte oder verdickte Rand des Flügels in der Bewegung stets etwas voraus. In Folge dieses Umstandes hat der Luftwiderstand sowohl beim

Niederschlag als bei der Hebung eine gegen die vordere Breitseite der 8 gerichtete Componente.

Marey ist der Meinung, dass dem Flügel durch die Muskelthätigkeit bloss eine Hin- und Herbewegung ertheilt werde, und dass das Vorwärts- und Rückwärtsausweichen aus der Ebene des Impulses zur Bildung der Achtertour durch das Zu- und Abnehmen jener Componente des Widerstandes und die Biegsamkeit des Flügels resp. seiner Befestigung erklärt werde. Ein künstliches Modell, welches nach diesem Principe getrieben wird, zeigt alle Erscheinungen der Bewegung des Insectenflügels (Synthese der Flugbewegung). Im Ganzen werden durch diese Untersuchungen und Erwägungen die Ansichten von Straus-Dürckheim über den Flug der Insecten bestätigt.

Die Verhältnisse beim Flug der Vögel sind aber nach M. wesentlich verschieden von denen bei den Insecten. Wie Prechtl besonders genau dargethan habe, sei hier der Flügel nur geeignet, beim Schlag mit der Ventralseite voran einen Luftwiderstand zu erzeugen, während bei dem Rückschlag die Luft leicht von der Dorsalseite zur Ventralseite des Flügels hindurchdringen könne.

Ueber die sinnreichen Apparate nun, welche Marey construirt hat, um die Flugbewegungen verschiedener Vögel zu registriren, möge man das Original des Genaueren nachlesen. Es wurde zunächst die Zahl der Flügelschläge pro Secunde oder die Dauer eines Flügelschlages, ferner das zeitliche Verhältniss des Niederschlages und der Hebung ermittelt, und zwar war es das eine Mal die relative Bewegung des Flügels selbst gegenüber dem Rumpfe, welche den Schreibhebel des Registrirapparates in Bewegung setzte. Das andere Mal bildeten zwei Marey'sche Trommeln, welche nebeneinander auf die Brust des Thieres gebunden waren, den recipirenden Theil des Apparates, welcher durch die Form- und Spannungsänderung der Muskeln beeinflusst wurde. Die eine, lateral gelegene Trommel wurde, wie Marey annimmt, beim Niederschlage des Flügels durch die Verdickung, welche der grosse Brustmuskel bei seiner Contraction erfährt, zusammengedrückt, die andere, mehr median gelegene dagegen während der Hebung des Flügels durch die Contraction und Verdickung des Musc. subclavius, des hauptsächlichsten Flügelhebemukels. Es wurden auch beide Methoden gleichzeitig an demselben Thier in Anwendung gebracht. Später benutzte Marey die „myographische“ Methode, um die Periode der Hebung und Senkung des Flügels zu markiren, während er gleichzeitig auch die Schwankungen

des Rumpfes in seiner Bewegung registrirte (Fig. 114). Man wird aber mit Bezug darauf im Auge behalten müssen, dass die grösste Compression der Trommel doch wohl dem Stadium, in welchem die Verdickung, also die Verkürzung des anliegenden Muskels beinahe ihr Maximum erreicht hat, also mehr dem Ende des Niederschlages resp. Aufschlages, als der Mitte entspricht.

Wir haben bereits erörtert, dass Marey die relativen Bewegungen des Flügels genauer analysirt, zerlegt und registrirt hat. Zunächst wurden an dem Schreibhebel des Registrirapparates die Bewegungen reproducirt, welche die Längslinie des Flügels macht; es ergab sich, dass die Spitze des Flügels relativ zum Rumpf eine Ellipse beschreibt (Fig. 101), und dabei in der vorderen Peripherie der Ellipse mit geringerer Geschwindigkeit niederschlägt, in der hinteren rascher aufsteigt. Die Längsaxe der Ellipse ist vorwärts abwärts gerichtet. Auffallend ist im Hinblick auf die Ergebnisse unserer eigenen Beobachtung, dass der Flügel so weit nach vorn herumgeführt wird. Auf jeden Fall sind durch die von Marey (pg. 284 Anmkg.) zugegebene abnorme Befestigung des Thieres in vorwärts abwärts geneigter Haltung des Rumpfes abnorme Verhältnisse geschaffen. Es ist wahrscheinlich, dass ein so aufgehängtes Thier sich instinktiv aufzurichten sucht und d e s h a l b seine Flügel besonders stark im Bogen vorn herumführt. Unsere Fig. 10 ist, abgesehen von den Buchstaben, die Reproduction der Fig. 111 von Marey. Die Linie *zz* entspricht der Längsaxe des Rumpfes, die geschlossene Curve aber der Bahn, welche ein bestimmter Punkt der Flügellängslinie parallel der Sagittalebene beschreibt. Bei *v'* ist oben, bei *z'* vorn. Die zahlreichen kurzen geraden Linien geben nach Marey die Neigung des Flügels gegenüber der Längsaxe des Thieres in den verschiedenen Phasen der Periode. Ich habe aber bereits oben (S. 210) darauf hingewiesen, dass Marey sich hinsichtlich der Grösse, welche er registrirte, um daraus die Planveränderung des Flügels zu beurtheilen, geirrt hat. Er glaubte die Aenderung der Tangente

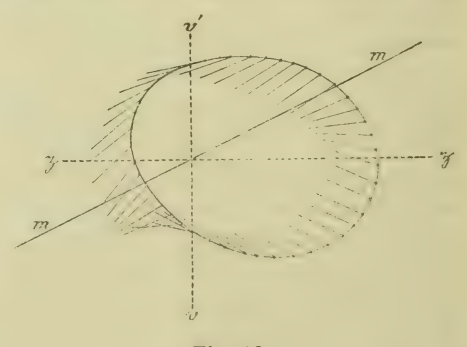


Fig. 10.

des soeben genannten Winkels zu registriren, den er vermuthlich nun berechnet und in der nebenstehenden Figur dargestellt hat. Statt dessen hat er direkt die Aenderung des Neigungswinkels der Sagittalprofile registrirt [1]).

Trotzdem und trotz einiger anderer Umstände, welche bei der Verwerthung der MAREY'schen Figur zur Vorsicht mahnen, scheint mir dieselbe den Gang der Umstellung des Flügels gut zu charakterisiren. Die rascheste Umstellung erfolgt kurz nachdem die Hebung des Flügels begonnen und bevor er die hinterste Lage zum Rumpf erreicht hat; er wird plötzlich in stärkste Supination übergeführt, welche im Lauf der Hebung und im Beginn des Niederschlages allmählig abnimmt bis auf 0, um in der Mitte und 2. Hälfte des Niederschlages in immer stärkere Pronation überzugehen, die erst mit Beginn der Hebung rasch wieder verschwindet und der Supination Platz macht. Doch kehren wir zur objectiven Berichterstattung zurück. MAREY äussert am Schluss des VI. Capitels die Meinung, dass die Planänderung des Flügels eine wesentlich passive sei. Durch den Widerstand der Luft werden beim Niederschlag die Federn hinten in die Höhe gehoben, um so mehr, je grösser die Geschwindigkeit des Niederschlages ist; am Ende des letzteren wird der Widerstand plötzlich = 0,

---

[1]) Die Richtung mm', 30° mit zz' bildend, wäre (laut Anmerkg. 1. pg. 273) diejenige Richtung der Flügelebene, für welche der Schreibhebel, der durch den Stiel des Cardanus in Bewegung gesetzt war, in der Ausgangsstellung sich befand. Wollen wir aus den MAREY'schen Messungen für unsere Zwecke die wirkliche Abänderung der Neigungsänderung, welche das Sagittalprofil des Flügels bei diesem Versuche zeigte, ermitteln, so müssen wir berücksichtigen, dass bei der Berechnung der Winkel in der MAREY'schen Figur aus ihren angeblichen Tangenten die Differenzen bei den von mm' weniger abweichenden Neigungen grösser, bei den am meisten davon verschiedenen Neigungen aber kleiner geworden sind. Jedenfalls möchte ich auf Grund eigener Beobachtungen annehmen, dass im Allgemeinen der Betrag der Umstellung des Sagittalprofiles des Flügels kleiner ist, als der Neigungsänderung jener kurzen Linien der MAREY'schen Figur entspricht. Es würde ja sonst die maximale Supinationsstellung dieses Profiles von der maximalen Pronationsstellung um 90° divergiren, was bei freiem Fluge mit nicht zu sehr eingeschränkter Horizontalgeschwindigkeit wohl nicht vorkommt, höchstens vielleicht bei steilem Aufsteigen, oder beim Flattern über derselben Stelle. Es ist klar, dass bei den MAREY'schen Versuchen wegen der nicht unerheblich gehinderten Horizontalgeschwindigkeit sowohl Supination als Pronation grösser sein konnte und sein musste.

die Federn kehren plötzlich in ihre gewöhnliche Gleichgewichtslage zurück und verbleiben in derselben während der Hebung. Dass die Flügelspitze beim Niederschlag einen nach vorn convexen Bogen beschreibt, ist nach Marey ein Ausgleiten des schräg zur Richtung der niedertreibenden Kräfte gestellten Flügels nach der Seite der bei der Bewegung gegen die Luft vorangehenden vorderen Kante, während das Ausweichen nach hinten bei der Hebung durch den Widerstand der Luft bedingt sein soll, welchen der supinirte und mit dem Körper horizontal vorwärts bewegte Flügel an seiner Unterfläche bei der Hebung erzeugt. Die Muskeln an sich würden den Flügel bloss in einer Ebene, und ohne ihn um die Längsaxe zu drehen, hin und her bewegen (pg. 274). Bei der Mehrzahl der Vögel, namentlich bei den grossen Arten scheint der Flügel während der ganzen Zeit ausgestreckt zu bleiben (pg. 220).

Im VI. und letzten Capitel seines Buches beschäftigt sich Marey mit den Oscillationen des Rumpfes; er unterscheidet verticale Schwankungen und horizontale, welch' letztere sich in periodischer Zu- und Abnahme der horizontalen Geschwindigkeit äussern. Auch diese Bewegungen suchte M. zu registriren. Er befestigte zur Untersuchung der verticalen Schwankungen eine scheibenförmige Trommel flach auf den Rücken des Thieres; die freie Breitseite war durch eine elastische Membran gebildet und in der Mitte mit einer Bleimasse beschwert. Durch einen Schlauch communicirte der mit Luft erfüllte Hohlraum der Trommel mit demjenigen einer zweiten ebenso beschaffenen, deren Blei mit dem Schreibhebel befestigt war. Sank in der Trommel A das Blei tiefer, so musste es sich in der Trommel B heben und umgekehrt. M. ist nun der Meinung, dass wenn die Trommel A abwärts bewegt wird, ihr Blei zurückbleibt, so dass dann in der zweiten Trommel die Bleimasse sich einsenken muss; bei der Hebung der Trommel A soll ihr Blei sinken. Dem Sinken des Rumpfes entspreche also eine relative Senkung des Bleis der zweiten und des Schreibhebels, dem Aufsteigen des Rumpfes ein relatives Aufsteigen des Schreibhebels. Die Richtigkeit dieser Annahme kann nun nicht ganz ohne weiteres zugegeben werden. Bei der Ruhelage der Trommel und des Bleis hält der Druck D der Membran nach oben dem Gewicht P des Bleis das Gleichgewicht, $P = D$. Bewegt sich die Trommel mit irgend einer Beschleunigung der Geschwindigkeit $= \varphi$, so folgt das Blei nur dann dieser Bewegung, wenn die auf dasselbe einwirkende Kraft ihm

ebenfalls eine Beschleunigung φ ertheilt. Beginnt und wächst die Abwärtsbewegung der Trommel, so muss zu diesem Ende $P > D$ sein, was nur der Fall ist, wenn das Blei gegenüber der Ausgangsstellung relativ gehoben ist. Bei der Aufwärtsbewegung der Trommel muss $D > P$, das Blei also tiefer in die Trommel eingesunken sein; so entspricht jedem Beschleunigungszustand der Trommel eine ganz bestimmte relative Stellung des Bleis, dem Moment der maximalen Abwärtsbeschleunigung (welche ungefähr beim höchsten Stand der Trommel und des Rumpfes vorhanden sein mag) die maximale Excursion nach oben, der maximalen Aufwärtsbeschleunigung der Trommel (bei ihrem tiefsten Stande) die extreme Senkungsstellung des Bleis. Nun erwirbt sich freilich das Blei, indem es periodisch von einer Gleichgewichtsstellung zur nächstfolgenden übergeht, eine relative Geschwindigkeit, vermöge deren es über die jeweilen passenden Gleichgewichtslagen hinausschwingt, worauf dann für den nächsten Moment ein entgegengesetzter Fehler zu Stande kommt; es macht also das Blei Nebenoscillationen. Es mag gelingen, dieselben für einen bestimmten concreten Fall möglichst zu vermeiden durch bestimmte Grössen und Spannungsverhältnisse der Membran etc., oder doch zu bewirken, dass es sich um eine fast gleichmässige Verschiebung aller Phasen handelt; es kann aber dann unmöglich dasselbe Instrument in einem zweiten Fall, wo die Bedingungen der Bewegung der Trommel andre sind, ebenfalls mit derselben Regelmässigkeit spielen. Berücksichtigt man dies, so wird man verstehen, warum Marey bei dem einen Versuchsthier zwei einzige regelmässige Schwankungen pro Periode, bei andern dagegen eine ganze Menge verschiedener Schwankungen der Stellung des Bleigewichtes registrirt hat [1]) Wir kommen also

---

[1]) Es ist zum mindesten wahrscheinlich, dass nicht alle diese Schwankungen wirklichen verticalen Oscillationen des Rumpfes entsprechen, auch müssen wohl die Zeitpunkte dieser Schwankungen etwas anders beurtheilt werden, als dies durch Marey geschieht. Erstens entsprechen in Fig. 114 den Erhebungen der ersten und dritten Curve, welche mit der von uns beschriebenen myographischen Methode gewonnen sind, nicht die Mitten der relativen Flügelhebung und des relativen Flügelniederschlages, sondern eher die Endtheile; sodann aber entsprechen die oberen Gipfel der Curven 2 und 4, wo es sich wahrscheinlich in der That um Oscillationen des Rumpfes handelt, nicht den höchsten Lagen des Rumpfes, sondern den Augenblicken, in welchen der Rumpf die grösste relative Beschleunigung nach oben erfährt, (indem ja das Blei der zweiten Trommel die Bewegung desjenigen

zu der Ueberzeugung, dass die Schlüsse, welche Marey aus seinen Experimenten mit Bezug auf die „Reactionen" des Rumpfes zieht, mit Vorsicht aufgenommen werden müssen.

Im letzten Abschnitt seines Buches erörtert Marey zusammenfassend seine „Theorie des Fluges". Nach ihm haben Straus-Dürckheim und Liais die Borelli'sche Theorie vervollständigt. Die Sachlage ist genauer gesagt die, dass alle drei den Flügel beim Niederschlag in pronirter Stellung gegen die Luft gehen und einen aufwärts vorwärts gerichteten Luftwiderstand erzeugen lassen. Bei der Hebung geht der Flügel nach Borelli mit der schmalen Kante, nach Straus-Dürckheim dagegen schräg, sowohl mit der Vorderkante als mit der dorsalen Breitseite voran gegen die Luft. Liais aber stellte die Ansicht auf, dass in Folge der horizontalen Vorbewegung des Vogels bei der Hebung des Flügels die Unterseite desselben sich in supinirter Stellung wie ein Drachen gegen die Luft bewege. Dieser letzten Auffassung nun schliesst sich Marey, natürlich nur für die Vögel, an. Nach Louvrié soll diese Drachenwirkung, d. h. die Umwandlung von horizontaler Geschwindigkeit in Auftrieb am vortheilhaftesten vor sich gehen können, wenn die Drachenfläche nur ganz wenig ($6\frac{1}{2}{}^0$) supinirt sei.

Auch die Verbreiterung der Flügelbasis bei den Vögeln gegenüber ihrer Schmalheit bei den Insecten stehe in Beziehung zu dieser Wirkung. Marey nennt deshalb den basalen Theil des Flügels den passiven und nimmt an, dass er auch noch während des Flügelniederschlages, da er sich ja verhältnissmässig wenig senkt, in der angedeuteten Weise wirke. Die äusseren Abschnitte des Flügels dagegen, die zugleich mit dem locomotorischen Impuls nach oben Vorwärtsgeschwindigkeit erzeugen, bezeichnet er als activen Theil.

Mit der Synthese des Fluges der Vögel hat sich, wesentlich

---

der ersten in umgekehrtem Sinn wiederholt). Das sind nun ungefähr die Phasen, in welchen der Rumpf seine tiefste Lage hat. Solches wird namentlich der Fall sein bei langsamen Oscillationen.

Wir würden also aus der 3. und 4. Curve, welche von einem Weih gewonnen sind, den Schluss ziehen, dass der Rumpf ungefähr während der Mitte der relativen Abwärtsbewegung des Flügels seine tiefste Lage hat. Das ist freilich gerade das Umgekehrte von dem, was Marey geglaubt hat annehmen zu müssen, stimmt aber mit dem Resultate unserer theoretischen Erwägungen.

in Uebereinstimmung mit den Ansichten von MAREY und unterstützt von letzterem TATIN befasst [1]). Mit ungenügenden theoretischen Vorkenntnissen ausgestattet, verbrauchte dieser Autor seine ausserordentliche Ausdauer und sein grosses technisches Geschick ohne entsprechend nennenswerthen Erfolg. TATIN ist mit Recht der Meinung, dass bei grossen Vögeln nicht bloss die Planveränderung des Flügels im Ganzen, sondern auch die Drehung der Flächen der einzeln vorstehenden grossen Federn aus der Flügelebene heraus Berücksichtigung verdiene. Er unterstützt MAREY's oben berührte Vorstellungen über den activen und passiven Theil des Flügels, sucht aber in seiner letzten Arbeit — ohne dass ihm der Beweis gelingt — darzuthun, dass die Hebung des Flügels passiv, bloss durch den auftreibenden Widerstand der Luft zu Stande gebracht werde.

Zusammenfassung.

Wie man aus dem Mitgetheilten sieht, lauten nicht bloss die Meinungen über die beim normalen Horizontalfluge wirksamen äusseren Kräfte sehr verschieden, es ist nicht bloss häufig übersehen worden, dass man zur Beurtheilung der erzeugten Luftwiderstände von der absoluten Bewegung der Oberflächen ausgehen muss und dass die Kenntniss der relativen Bewegung des Flügels zum Rumpfe dazu nicht genügt — es herrschen auch über die Art dieser relativen Bewegung selbst die allerverschiedensten Ansichten.

Nach BORELLI, ZACHARIAE, STRAUS-DÜRCKHEIM, PRECHTL u. a. geschieht der Niederschlag perpendiculär, d. h. in einer verticalen Querebene der Schultergelenke, nach (GREW, DESLANDES), BARTHEZ, d'ESTERNO, GIRAUD-TEULON, MOUILLARD, R. OWEN, (MACGILLIVRAY, BISHOP), LIAIS, BREHM u. a. von oben vorn nach hinten unten; nach PETTIGREW und MAREY schräg vorwärts abwärts. Nach d'ESTERNO und MAREY beschreibt beim Niederschlage die Flügelspitze die vordere Langseite einer Ellipse, bei der Hebung

---

[1]) V. TATIN, Expériences sur le vol mécanique. Phys. expér. Travaux du Laboratoire de M. MAREY, 2. année, 1876. III.

— Expériences physiologiques et synthétiques sur le mécanisme du vol.

Ebenda. Jhgg. 1877.

— Recherches et expériences sur le mécanisme du vol des oiseaux.

Ebenda. Bd. 1878/79.

die hintere. PETTIGREW scheint anzunehmen, dass sie relativ zum Rumpfe auch beim fortschreitenden Fluge eine Achtertour beschreibt.

Nach BARTHEZ, J. MÜLLER, PRECHTL, GIRAUD-TEULON, PETTIGREW wird der Flügel bei der Hebung eingezogen, nach PRECHTL vollständig, nach BARTHEZ um so mehr, je langsamer die Flügelschläge erfolgen, nach PETTIGREW in unvollständiger Weise.

Nach BORELLI, ZACHARIAE, d'ESTERNO, MAREY, TATIN bleibt überhaupt, nach MAREY wenigstens bei den grösseren Fliegern der Flügel auch bei der Hebung ausgestreckt.

ZACHARIAE, PRECHTL, GIRAUD-TEULON, d'ESTERNO sind der Meinung, dass der Flügel des Vogels beim Niederschlage im Ganzen weder pronirt noch supinirt sei; BORELLI, STRAUS-DÜRCKHEIM, J. MÜLLER, MAREY, TATIN u. a. nehmen an, dass er in pronirter Stellung abwärts schlage. Nach MAREY und TATIN gilt dies nur für die äusseren Theile des Flügels, nach TATIN ist die Pronation besonders stark an den freien Enden der Schwungfedern.

PRECHTL vertritt die Meinung, dass der vordere Rand des Flügels jederzeit eine pronirte Unterfläche darbiete, PETTIGREW aber behauptet, es sei der niederschlagende Flügel supinirt.

Nach BORELLI, ZACHARIAE, STRAUS-DÜRCKHEIM, GIRAUD-TEULON, d'ESTERNO, PETTIGREW, KRARUP-HANSEN, MAREY u. a. wird der Flügel bei der Hebung supinirt. Einige (BORELLI, GIRAUD-TEULON etc.) nehmen an, dass er dabei mit der scharfen Kante voran die Luft durchschneide, nach ZACHARIAE, STRAUS-DÜRCKHEIM, KRARUP-HANSEN geht er zugleich mit der Dorsalseite voran gegen die Luft, nach d'ESTERNO, LIAIS, MAREY, TATIN wirkt der Ueberdruck der Luft auf die Unterfläche, nach PETTIGREW auf beide zugleich.

Da ist, wie man zugestehen wird, von einer erfreulichen Uebereinstimmung keine Rede. Leider schliessen selbst die Ergebnisse, welche MAREY mit seiner Registrirmethode erhalten hat, nicht so vollkommen jeden Einwand und jeden Zweifel aus, dass nach ihnen alle diese Streitfragen entschieden werden könnten. Sicher liegt das Richtige manchmal nicht bloss auf einer Seite.

Unter diesen Umständen wird man doch noch solchen Beobachtungen, die ohne künstlichen Registrirapparat aber streng nach den von uns oben aufgestellten Gesichtspunkten am eingespannten sowie an frei und ungehindert fliegenden Vogel angestellt sind,

Gewicht beilegen müssen, und stehe ich deshalb nicht an, meine eigenen Erfahrungen im Folgenden mitzutheilen.

D. Eigene Beobachtungen über die Form der Bewegung.

Vor Jahren schon, namentlich aber im Juni 1884, beobachtete ich gefangene Cypselus apus, die ich in eine kleine Weste steckte und damit an einer Schnur direkt oder vermittelst eines flachen Bogens aus Kautschukschlauch aufhing. Ich liess das Thier mit der Schnur wie ein Pendel schwingen und beobachtete die beim Vorschwung ausgeführten relativen Flügelbewegungen, am Ende des Vorschwungs hielt sich das Thier oft längere Zeit durch Flügelschläge fast stationär; ich verrückte auch den Aufhängepunkt der Schnur in der Richtung, in der das Thier weiter strebte, langsam oder schnell. Die Thiere waren abgemattet und bewegten ihre Flügel verhältnissmässig langsam.

Bei fast ganz gehinderter Vorbewegung des Thieres schlugen beide Flügel in annähernd einer und derselben, im allgemeinen etwas vorwärts abwärts gerichteten Ebene. Die Flügelspitze beschrieb eine Achtertour, deren obere Schleife fast zu einer Linie verschmälert war, die untere Schleife wurde von vorn nach unten und hinten herum durchmessen; die Flügelspitze bewegte sich also am Ende des Niederschlages deutlich etwas nach hinten. Am Ende des Niederschlages war der Flügel gestreckt nach unten und etwas nach hinten geführt. Der Niederschlag geschah deutlich vorwärts abwärts, in pronirter Stellung; namentlich war der lange von den Schwungfedern gebildete mittlere und äufsere Theil des Flügels deutlich pronirt. Unerwarteter Weise fand sich, dass die Pronation im Anfang (1. Hälfte) des Niederschlages grösser war als gegen das Ende, doch gilt dies letztere vielleicht nur für die Fälle, wo das Thier nicht nur vorwärts, sondern auch stärker aufwärts zu kommen suchte.

Der Flügel wurde im Beginn der Hebung etwas, aber nur ganz wenig eingezogen und gegen das Ende der Hebung hin wieder vollständig ausgestreckt. Die Dorsalfläche des Flügels war bei der Hebung deutlich rückwärts gerichtet (supinirt), besonders aber die Ebenen der grossen Schwungfedern; auch waren dabei die Ebenen der verschiedenen Schwungfedern von einander

abstehend, so dass vorwärts aufwärts gerichtete Lücken zwischen ihnen entstanden. Die Orientirung der Federbärte wurde durch Aufkleben eines kleinen hellen Papierstückes deutlich gemacht.

Bei rascherem Vorwärtsfliegen beschrieb die Flügelspitze zum Rumpf nicht mehr die schmale oben beschriebene Achtertour, sondern eine mehr gerundete, d. h. ovale, oben spitzere, unten breitere Figur; die Aenderung der Neigung der Sagittalprofile war dann nicht mit Sicherheit zu verfolgen. Doch constatirte ich deutlich die mit dem Niederschlag verbundene Pronation. An einem stark ermüdeten Thiere schätzte ich die Zahl der dabei stattfindenden Flügelschläge pro Secunde auf 8—10. An frei fliegenden nicht erschöpften Thieren kommen sicher mindestens 16 Flügelschläge auf die Secunde. Die Bewegung der Flügel ist dann kaum zu verfolgen; besonders auffallend ist bei sehr grosser Vorwärtsgeschwindigkeit des Thieres die fuchtelnde Bewegung des Flügelendes, die sicher durch eine deutliche Rückwärtsbewegung der Hand am Ende des Niederschlages ausgezeichnet ist, die ich aber allemal nur dann einigermassen klar verfolgen konnte, wenn ich mir die Rückbewegung mit einer deutlichen Pronation, den ersten Moment der Hebung aber mit einer Supination und Streckung combinirt dachte.

Bei Betrachtung von hinten scheint der äussere Theil des Flügels ganz ähnlich auf- und abzuschlagen, wie ein Fischschwanz von einer Seite zur andern schlägt. Für die rasche Vorwärtsbeschleunigung ist eine vermehrte relative Rückführung des Flügels und namentlich der Schwinge, also eine Vergrösserung des horizontalen Schlagwinkels, für das aktive Emporsteigen durch Flügelschläge dagegen die Vergrösserung des verticalen Schlagwinkels charakteristisch.

Hausschwalben. Es ist ungemein schwer, durch Beobachtung über die relativen Bewegungen der Flügel bei diesen kleinen lebhaften Thieren und ihren nächsten Verwandten ins Klare zu kommen. Man kann Stunden lang beobachten, ohne zu einem nennenswerthen Resultate zu kommen. Man muss sich nothwendigerweise darauf beschränken, irgend einen bestimmten Umstand der Bewegung feststellen zu wollen, abwarten, bis das Thier sich in einer für die Beobachtung besonders günstigen Stelle und in günstiger Richtung darbietet und alle andern unter weniger günstigeren Verhältnissen gewonnenen Bilder vergessen und unterdrücken. Ja man muss bei den blitzschnell ablaufenden Bewegungen

seine Aufmerksamkeit auf eine einzige Phase der Bewegung concentriren und die wiederkehrenden Eindrücke sich summiren lassen.

Solches gilt auch noch für viel weniger kleine Thiere, wie z. B. für die Tauben. Da aber die Fähigkeit, solche flüchtige und rasch sich folgende Eindrücke deutlich und scharf aufzufassen, individuell sehr verschieden ist und nicht bloss von der methodischen Uebung, sondern auch von der natürlichen Anlage des Nervensystems abhängt, so zweifle ich nicht, dass geeignete Beobachter, welche sich diesem Gegenstande widmen würden, viel mehr Erfolg haben könnten, als ich.

Sicher geht bei der Hausschwalbe bei langsamem horizontalen Fluge, wenn die vorwärts treibende Wirkung des Flügelschlages nur klein zu sein braucht, der Flügel fast als starres Ganzes, ausgestreckt auf und ab, ohne dass jemals die Schwungfedern auseinanderklaffen. Die Spitze befindet sich zu Anfang des Niederschlages hinter einer verticalen Querebene durch die Schultergelenke, der Schlag geschieht abwärts und etwas vorwärts; am Ende des Niederschlages befindet sich die Spitze wieder etwas nach hinten von den Schultergelenken.

Der Flügel wird also bei der Senkung allmählich etwas abducirt, und nur am Schluss findet eine Adduction des Flügels, vornehmlich aber der Schwinge statt; dieselbe ist aber bei langsamem Fluge sehr gering. Bei schnellerem Fluge erfolgt regelmässig eine stärkere Rückführung des Flügels und namentlich der Hand, sie kann viel stärker werden, als dies jemals bei Krähen, Störchen etc. der Fall ist (s. unten).

Eine Längsrotation des Flügels scheint bei dem langsamen Fluge kaum stattzufinden; der Flügel erscheint wenig und gleichmässig supinirt, nur beim Niederschlag vermindert sich gegen die Spitze des Flügels hin die Supination und macht sogar bei einigermassen energischerem Vorwärtsstreben des Thiers einer geringen aber deutlichen Pronation Platz. Es schien mir, als ob diese Pronation bei geringer Horizontalgeschwindigkeit nicht am Ende, sondern in der ersten Hälfte des Niederschlages am grössten sei; bei rascher Vorwärtsbewegung dagegen kann möglicherweise die grösste Pronation mit der Rückführung am Ende des Niederschlages zusammenfallen.

Marey beobachtete [1]) im Hafen des goldenen Horns bei Con-

---

[1]) Physiologie expérim. Travaux du laboratoire de M. Marey. 1875 No VI. pg. 215 ff.

stantinopel grosse Möven (goelands) und fand, so oft der Vogel in gleichem Niveau mit dem Beobachter war und sich direkt von ihm entfernte, dass der Flügel als Linie erschien, und nur von der Kante sichtbar war. Einzig die Spitze des Flügels ward zeitweise breiter und zwar mit dem Niederschlage des Flügels.

Bei von oben fallendem Sonnenlicht erschien die Verbreiterung dunkel; es war also sicher, dass die beschattete Unterfläche des Körpers sich bei dem Niederschlage etwas rückwärts wendete. Stand der Beobachter höher als der Vogel, so sah man im allgemeinen die Oberfläche des Flügels als schön beleuchteten Streifen, der aber beim Niederschlag unsichtbar wurde resp. zu einfacher Linie sich verkürzte.

Ich selbst habe bei Möven dieselbe Beobachtung wiederholen können. Besonders deutlich aber lässt sich die Pronation des Flügels bei Krähen erkennen, welche gleichmässig horizontal dahinziehen und sich dabei von dem annähernd im gleichen Niveau befindlichen Auge des Beobachters direkt entfernen. Die Längsaxe des Rumpfes bildet dabei, wie Betrachtung von der Seite lehrt, mit der Horizontalebene einen Winkel von 5 bis höchstens 10^{0}, der sich nicht wesentlich ändert. Die verticalen und horizontalen Oscillationen des Rumpfes sind kaum zu constatiren. Der Flügel bleibt auch bei der Hebung annähernd ausgestreckt, abgesehen von der gleich zu besprechenden Einziehung der Schwinge. Die Sagittalprofile der Flügelebene als Ganzes werden bei der Hebung kaum so stark supinirt, dass sie der Längsaxe des Rumpfes parallel laufen.

Wenn sich das über uns hinwegfliegende Thier bereits in grosser Entfernung befindet, so erscheint der Rumpf zu einem rundlichen Fleck und der Flügel zu einer feinen Linie verkürzt, die in ihrer Dicke wenig ändert. Nur beim Niederschlage und zwar nachdem die Waagehalte passirt ist, sieht man diese Linie an ihrem äusseren Ende sich deutlich verbreitern und auch alsbald an der Spitze sich aufbiegen (siehe Fig. 11 *A*). Aber auch im Moment, während der Vogel direkt über uns war, konnte man die Pronation der Schwinge am Ende des Niederschlages constatiren. Zugleich sah man aber, wie die einzelnen Schwungfedern beim Niederschlage kammartig auseinander gespreizt werden und wie jede einzelne Schwungfeder stärker pronirt ist als die Fläche des von ihnen gebildeten Kammes im Ganzen. Bei der Hebung des Flügels rücken die Strahlen des Kammes an einander, und

jeder einzelne zeigt sich dann umgekehrt stärker supinirt, als die Fläche des Kammes im Ganzen es ist.

Steht der Beobachter vor oder hinter dem Thier, so sieht er wesentlich nur eine Auf- und Niederbewegung des Flügels (der verticale Schlagwinkel kann über der Horizontalebene durch die Schulter 40—45°, unter derselben 30—35° betragen, ist aber oftmals geringer). Beobachtet man aber von der Seite, so erkennt man bei einiger Uebung deutlich, dass die Spitze des Flügels (relativ zum Körper) eine geschlossene Figur beschreibt, deren höchster Punkt in der Querebene des Schultergelenkes oder nach hinten davon liegt. Von da aus geht das Flügelende abwärts und dabei etwas vorwärts bis fast zum Schluss des Niederschlages (Fig. 11 *B*), dann aber rasch mehr und mehr direkt abwärts und zuletzt abwärts rückwärts. Erst wenn die Spitze hinter der Querebene der Schulter sich befindet, beginnt ihre relative Hebung in einer schwer genau zu bestimmenden Bahn. Doch ist unzweifelhaft mit dem Ende der Hebung eine ausgiebige Vorführung verbunden, da nothwendig im Beginn der Hebung die Spitze noch rückwärts gehen musste; es handelt sich also um eine geschlossene, elliptische Curve, deren Längsaxe fast senkrecht, oben allerdings etwas zurück steht. Die Breite wechselt und kann so gross werden, dass die Curve fast einer Kreislinie nahe kommt. Die untere Schmalseite ist immer etwas abgeplattet und zwar so, dass am hinteren Ende dieser Abplattung der schärfere Winkel entsteht.

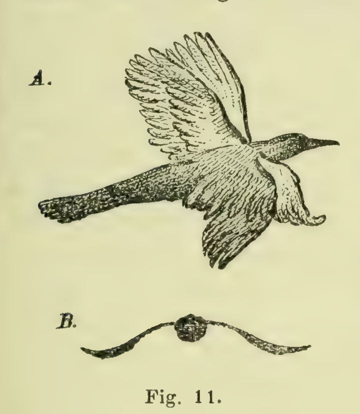


Fig. 11.

Die Beobachtung von unten bestätigt auf das unzweifelhafteste, dass am Ende des Niederschlages oder im Beginn der Hebung (beide Perioden sind hier nicht genau gegeneinander abzugrenzen) der Flügel rückwärts geführt wird, und zwar zunächst als Ganzes, also auch mit seinen basalen Theilen, dann aber wirklich auch durch eine geringe Einziehung der Schwinge (Beugung der Hand). Für gewöhnlich, bei langsamem Fluge in ruhiger Luft, ist diese Einziehung nicht erheblich. Wenn die Thiere aber rascher fliegen, geht einmal der ganze Flügel stärker nach hinten, so dann aber ist die Beugung des Handgelenkes eine ausgiebigere. Beides kann so weit gehen, dass die Längslinie der Schwinge bei

der Betrachtung von unten mit derjenigen des Rumpfes einen Winkel von 45° zu machen scheint. Deutlicher ist im Ganzen die Adduction des Flügels bei der Schwarzkrähe, namentlich aber bei der Dohle, die im übrigen bei ruhigem Ruderfluge sich ähnlich verhält wie die Nebelkrähe.

In der Regel schätzte ich die Zahl der Flügelschläge bei der Nebelkrähe auf $4\frac{1}{2}$ pro Sekunde. Es gelang mir einmal, die dabei vorhandene Horizontalgeschwindigkeit (bei ruhiger Luft) auf 7 Meter pro Sekunde annähernd zu bestimmen.

Der Flügel des Storches ist nach ähnlichem Typus gebaut und wird ähnlich bewegt, wie derjenige der Krähe. (Typus der Ruderflügel Prechtl's). Beim Storch wie bei dem Weih, Bussard, Geier, Adler sind die Ausschnitte an den Schwungfedern besonders deutlich (vergl. S. 31) und die verschmälerten äusseren Theile der Fahnen besonders stark asymmetrisch. Jedem, der jemals einen Storch über sich hat dahinschweben sehen, ist sicher das eigenthümliche Auseinanderspreizen der Schwungfedern aufgefallen. Hält sich das Thier dabei in demselben Niveau oder steigt es sogar, so ist die Fläche des ganzen Flügels deutlich etwas nach vorn gewendet. Immer aber sind die einzelnen Schwungfederfahnen aus dieser Ebene in pronatorischem Sinn herausgedreht. Dies ist ein Effekt des auf die Unterseite des Flügels wirkenden Luftwiderstandes, indem die blosse Ausstreckung des Flügels am todten Thier in allen seinen Gelenken niemals zu einem derartigen Verhalten Veranlassung giebt.

Auch wenn ein Storch mit regelmässigen Flügelschlägen über den Beobachter horizontal hinwegfliegt, zeigt das Flügelende das Bild des Kammes mit nach aussen divergirenden und aus der Hauptebene des Flügels pronatorisch herausgedrehten Strahlen, und zwar beim Niederschlage; es liegen die Sagittalprofile der ganzen Flügelfläche dabei stets anscheinend horizontal, die Schwinge erscheint im Ganzen kaum pronirt, die Hinterränder der einzelnen isolirten Schwungfedern aber liegen höher als die vorderen.

Der Niederschlag des Flügels erfolgt vorwärts und abwärts, nahezu beiderseits in einer und derselben Ebene, welche durch die beiden Schultergelenke gelegt ist. In diese Ebene gelangt zuerst nur der basale, dem Oberarm und Vorderarm entsprechende Theil, bald aber auch die Schwinge hinein, so dass dann der Flügel in fast maximaler Ausstreckung niederschlägt. Gegen das Ende der Senkung verlässt er als Ganzes diese Ebene, und bewegt sich mehr direkt abwärts, zuletzt abwärts rückwärts. Erst

ganz zuletzt kommt noch eine geringe Einziehung der Schwinge hinzu, wobei die Spreizung der Federn ab-, ihre Pronation aber zunimmt.

Betrachtet man einen Storch unter günstigen Umständen, fast auf gleicher Höhe mit ihm, von hinten, so kann man die Planveränderungen des Flügels im Ganzen besser beurtheilen. Sie sind allerdings verhältnissmässig gering. Man erkennt, dass der Flügel bei der Hebung ein wenig supinirt ist. Im Beginn des Niederschlages vermindert sich die Supination an den mittleren und äusseren Theilen des Flügels ganz wenig, wenn aber die Flügel die Horizontalebene passirt hat, verbreitert sich das äussere Drittel des Flügels, die dunkle Unterseite kommt zum Vorschein. Es handelt sich wohl nicht bloss um eine Pronation der einzelnen Schwungfedern, sondern um eine geringe Pronation der Handfläche im Ganzen (mit gleichzeitiger Rückführung). Bei der Hebung des Flügels erfolgt natürlich eine supinatorische Umstellung der Schwungfedern, über deren Grösse ich aber durch Beobachtung nichts Sicheres ermitteln konnte.

Die Hebung erfolgt rasch, der Flügel wird nicht weiter eingezogen, ist also fast vollständig gestreckt; die Spitze geht möglichst direkt nach oben, bleibt also zunächst hinter der verticalen Querebene durch das Schultergelenk und schiesst erst gegen Ende der Hebung nach vorn; während der Flügel allmählig von der relativen Hebung zur Niederbewegung übergeht, erreicht er seine maximale Streckstellung.

Beim Niederschlage verbiegt sich der ganze langgestreckte Rumpf in eigenthümlicher Weise derart, dass die Brust gegenüber dem Hals und Kopf einerseits, dem Bauch und Schwanz andererseits etwas in die Höhe geht.

Die Zahl der Flügelschläge schätzte ich auf nicht ganz 2 pro Sekunde, die zugehörige Geschwindigkeit ist kaum viel grösser, als die oben für die Krähe angeführte; doch habe ich keine Gelegenheit zur genauern Bestimmung gefunden.

Die Flügel der Tauben stellen eine Mittelform dar zwischen den eigentlichen Ruderflügeln (Storch, Geier) und den eigentlichen Schnell- oder Stossflügeln (wie wir sie z. B. bei den Möven beobachten). Von den Ruderflügeln kommen ihnen diejenigen der Krähen und noch mehr der Dohlen nahe, welche Thiere ja zu Zeiten, statt ruhig und gleichmässig dahinzustreichen, in den kühnsten Evolutionen sich ergehen und mit dem Thurmfalken ein wildes Spiel treiben. Auch der Kibitz kann seinen Flügel

bald als schönen Ruderflügel, bald als Stoss- oder Schnellflügel zu den verschiedensten Wendungen und Gaukeleien benutzen.

Ueberhaupt bewegen die Tauben ihren Flügel je nach Umständen in ganz verschiedener Weise. Manchmal fliegen sie weite Strecken hin in gerader Linie, mit regelmässigen Flügelschlägen, offenbar ohne sich erheblich grosse neue Impulse nach vorn zu geben, indem sie nur dafür sorgen, in derselben Höhe zu bleiben. Der Flügel bewegt sich dann fast wie eine steife Platte in etwas supinirter Stellung und unter geringer Excursion auf und ab. Es ist möglich, dass der vordere Rand der Schwinge und die einzelnen Schwungfedern ihre Unterflächen beim Niederschlag um ein Minimum nach hinten gewendet haben; aber die Sagittalprofile des Flügels im Ganzen sind auch an der Hand noch etwas supinirt, wenn auch unmerklich und weniger als die basalen Theile des Flügels. Die Flügelspitze geht beinahe in einer und derselben Ebene, die von oben nach unten und kaum etwas nach vorn gerichtet ist, auf und ab, oder beschreibt eine nur ganz schmale Ellipse.

Bei rascherem horizontalem Flug erfolgt der Niederschlag zunächst ebenfalls abwärts und etwas vorwärts, aber gegen Ende des Niederschlages bewegt sich die Flügelspitze mehr direkt abwärts und dann deutlich nach hinten, Letzteres um so mehr, je rascher die horizontale Verschiebung des Ganzen ist. Diese Rückführung geschieht z. Th. durch Adduction des ganzen Flügels, so dass auch der Carpus sich rückwärts bewegt, namentlich aber durch Beugung der Hand. Bei der Hebung wird der Flügel nicht stärker eingezogen, sondern beginnt im Gegentheil alsbald sich zu strecken. Gegen Ende des Rückschlages ist allerdings die Streckung der Hand und die Vorführung des ganzen Flügels am bemerkbarsten. So zeigt sich auch bei den Tauben ähnlich wie bei den Krähen bei rascherem Fluge ein deutliches Herumwirbeln der Flügelspitze, wenn man das Thier von der Seite her betrachtet. Bei reissendem Fluge, z. B. wenn die Thiere im Schwarm um die Wette fliegen, oder rasch die Strassen entlang dahinjagen, geschieht die Rückführung der Schwinge mit ausserordentlicher Energie, ruckweise. Es scheint ferner der Flügel von der Basis zur Spitze hin stärker abwärts concav und insbesondere das Handskelet möglichst ventralwärts aus der Ebene der proximalen Theile des Flügels abgebogen zu sein. Wie die Sagittalprofile der Schwinge im Ganzen sich verhalten, ist schwer zu beurtheilen. Doch sind sie sicher beim Niederschlag etwas pronirt. Die Spreizung

der Schwungfedern ist gering, und doch werden die Kiele bei energischem Hieb der Schwinge nach hinten nicht einfach senkrecht zur Fläche aufgebogen, sondern gegen den vordern, nunmehr äusseren Rand der Schwinge hin, was ebenfalls für eine deutliche pronatorische Längsdrehung der Federn spricht[1]). Der Handfittich wird oft so weit zurückgeführt, dass seine Längslinie der Längsachse des Körpers fast parallel steht. Ganz konstant ist die starke Rückführung der Schwinge mit einer stärkeren Beugung des Ellenbogengelenkes verbunden, ja es wird bei reissendem Fluge dieses Gelenk überhaupt nicht ad maximum gestreckt. Diese Beugung des Ellbogens gestattet bekanntlich eine stärkere Beugung und überhaupt eine grössere Beweglichkeit der Hand und versteht sich daher sehr leicht. Ich will zum voraus bemerken, dass ich diese Rückführung der Hand nicht als eine Bewegung auffasse, welche nur die Hebung und Vorführung des Flügels erleichtern soll; vielmehr dient sie dem Niederschlag und modificirt ihn; aber die absolute Bewegung der Flügelflächen rückwärts gegen die Luft ist der Ausgiebigkeit der relativen Rückbewegung von Flügel und Hand nicht einfach proprotional. Vielmehr muss bei zunehmender horizontaler Geschwindigkeit die Rückführung des Flügels besonders rasch zunehmen.

Diese Verhältnisse sollen später noch eingehender besprochen werden.

Möven, die ich an der Oder bei Breslau oft zu beobachten Gelegenheit hatte, zeigten die schon von Marey namhaft gemachte deutliche Pronation der Schwinge zu Ende des Niederschlages. Es handelte sich dann wohl auch gleichzeitig um eine deutliche Rückführung des Flügelendes, d. h. namentlich der Schwinge, und um einen wirksamen Vorwärtsimpuls.

Man sieht aber oft diese Thiere, ohne dass sie rasch vor-

---

[1]) Die Kiele sind in ihrer natürlichen Form dorsalwärts und gegen den vorderen Rand der Schwinge hin convex gekrümmt, werden also zunächst gestreckt und dann erst umgekehrt überbogen. Schon die natürliche Form und Einfügung lässt also erkennen, dass sie nicht bloss durch Kräfte senkrecht zur Schwinge, sondern auch durch Componenten, welche in der Fläche der Schwinge gegen den vordern äussern Rand hinwirken, in Anspruch genommen werden. Man macht auch die Beobachtung, dass bei Vögeln, die mit dem Ende ihrer Flügel besonders energisch nach hinten schlagen, diese Krümmung des Kiels besonders deutlich ausgesprochen ist. (Säbelflügler, Numenius, viele Möven, Sterna, Schwalben).

wärts streben, mit regelmässigen Flügelschlägen dahinfliegen. Der Flügel bleibt dann so ziemlich bis zum Ende des Niederschlages in vollkommener Ausstreckung und zeigt die Jedem bekannte abwärts convexe Krümmung der Längslinie. Der Niederschlag geschieht schräg vorwärts abwärts so ziemlich bis zum Ende hin, es findet auch keine irgendwie erhebliche Planveränderung (Neigungsänderung der Sagittalprofile) statt. Es ist wahrscheinlich, dass dabei doch genügend grosse pronirte Flächen (an der Schranke) des Flügels vorhanden sind, um die geringe Vorbewegung zu unterhalten.

Bei diesem langsamen Fluge machte ich ausserdem die eigenthümliche Beobachtung, dass zu Anfang des relativen Niederschlages die basalen Abschnitte des Flügels eher etwas weniger supinirt sind als die übrigen schwach supinirten äusseren Theile des Flügels, ja vielleicht absolut pronirt; doch sind hier noch weitere Beobachtungen am Platze, namentlich auch solche, welche über das zeitliche Zusammenfallen der Phasen der relativen Flügelaktion mit den absoluten Oscillationen des Rumpfes Aufschluss geben.

Die verticalen Oscillationen des Rumpfes sind thatsächlich bei diesen Thieren ganz erheblich, wie Pettigrew richtig angegeben hat.

Zusammenfassung.

a. Richtung des Schlages (Bewegung der Flügellängslinie). Es wird sich später noch deutlicher zeigen, dass nicht die Richtung des Schlages an sich, sondern die Richtung der Flügelflächen für die Richtung des locomotorisch nützlichen Widerstandes bestimmend ist.

Die Richtung des Schlages hat in anderer Beziehung ihre Bedeutung. Sie ist namentlich verschieden je nach der Massenvertheilung des Körpers und nach der jeweils nothwendigen Richtung und Richtungsänderung des Fluges.

Hebt sich der Vogel in steiler Linie, so schlagen die Flügel in Ebenen, welche einen nach vorn und oben offenen, ziemlich spitzen Winkel mit einander bilden, und der Rumpf selbst richtet sich steil auf.

Bei langsamem horizontalem Fluge bewegen sich die Flügel im allgemeinen fast in einer und derselben Querebene, welche nur wenig schräg nach vorn oben sieht. Doch ist die Richtung dieser Ebene je nach dem Bau des Flügels bei verschiedenen Thieren

verschieden. Fast immer ist der Schluss des Niederschlages mit einer wenn auch noch so geringen Rückführung verbunden.

Bei grösserer Horizontalgeschwindigkeit und wohl auch bei grösserer Anstrengung, vorwärts zu kommen, wird diese Rückführung des Flügels deutlicher und dementsprechend auch die Vorführung am Ende der Hebung und zu Anfang des Niederschlages. Beugung resp. Streckung der Hand spielt dabei mehr und mehr eine Hauptrolle, eine kleine Einziehung des Carpus gegen den Rumpf und die entsprechende Rückbewegung ist Begleiterscheinung. Betrachtung von der Seite oder von hinten lässt noch öfters die Natur der Bewegung übersehen. (Bei Wildenten z. B. habe ich lange Zeit die Phase der Rückführung der Flügel am Schluss des Niederschlages übersehen. Ich glaubte, dass der Flügel direkt vorwärts abwärts niederschlägt und in umgekehrter Richtung rückgeführt werde ohne eine erhebliche Planveränderung. In Wirklichkeit aber findet auch hier am Schluss eine Rückführung des Flügels statt, die Spitze beschreibt relativ zum Rumpf eine gerundete Figur). Die Beobachtung direkt von unten giebt besseren Aufschluss.

Mit steigender Horizontalbeschleunigung wirbelt die Flügelspitze immer deutlicher im Kreise herum, d. h. im gerundeten Umkreise einer immer breiter werdenden Figur. Zuletzt, bei reissendem Fluge, ist die Längsaxe dieser subovalen Figur nicht mehr senkrecht oder vorwärts abwärts, sondern mehr horizontal oder schräg rückwärts abwärts gerichtet.

Aus diesen Verschiedenheiten erklärt sich die so grosse Divergenz in der Ansicht der Autoren über diesen Punkt.

b. Die Grösse des verticalen und horizontalen Schlagwinkels muss demnach je nach den Umständen des Fluges ebenfalls sehr verschieden sein; ferner scheint der verticale Schlagwinkel sehr eingeschränkt werden zu können, wenn der Flügel verhältnissmässig lang und gross ist, und scheint immer beträchtlich sein zu müssen bei kleinem kurzem Flügel. Nach Marey ist er bei Enten sehr gross und beträgt mehr als 90°, während er beim Weih so klein ist, dass die Flügelspitze bei der höchsten und tiefsten Lage kaum über das Niveau der oberen und unteren Rumpfperipherie hinausrückt.

Anch beim Thurmfalken ist der verticale Schlagwinkel für gewöhnlich sehr klein im Vergleich zu andern gleich grossen und langflüglichen Thieren. Zu gleicher Zeit aber fällt die blitzartige Raschheit auf, mit welcher hier der einzelne Niederschlag erfolgt.

Die theoretischen Erörterungen über die Beanspruchung der Flugmuskulatur werden einiges Licht auf diese Verhältnisse werfen. Doch ist es sehr zu bedauern, dass kein besseres Beobachtungsmaterial vorliegt; von besonderer Wichtigkeit werden Untersuchungen sein, welche neben der Grösse des horizontalen und verticalen Schlagwinkels gleichzeitig die Zahl der Flügelschläge und zugleich die Grösse der Horizontalgeschwindigkeit gegenüber dem umgebenden Medium (nicht etwa bloss gegenüber der Erdoberfläche) feststellen. Einige wenige zuverlässige Beobachtungen dieser Art würden mehr werth sein, als noch so viele mangelhafte.

c. Was die Richtungsänderung der Sagittalprofile des Flügels betrifft, so muss nochmals betont werden, dass dieser stellenweise aus einzelnen abgeplatteten Stücken besteht, welche eine andere Richtung haben können, als die der Flügelplatte im Ganzen. Die Sagittalprofile der letzteren ändern bei gewissen Arten des Flügels während der ganzen Periode ihre Richtung sehr wenig. Die Basis des Flügels bleibt (beim normalen horizontalen Fluge) stets supinirt, ausgenommen vielleicht bei den Möven und ähnlich gebauten Thieren (s. folgend. Capitel). Aber beim langsamen oder verlangsamten horizontalen Fluge der Tauben bleibt auch die Flügelspitze als Ganzes anscheinend jederzeit supinirt. (Um so mehr ist dies der Fall, wenn mit solcher Vorbewegung ein sanftes Aufsteigen verbunden ist). Bei rascherem Vorwärtsfluge aber werden die äusseren Theile der Flügelplatte, wie sichere Beobachtungen bei verschiedenen Thieren (Taube, Krähe, Storch, Raubvögel, Möven) lehren, im Niederschlag, zum Mindesten in der zweiten Hälfte des Niederschlages, deutlich pronirt.

Die Neigungsänderung der Sagittalprofile ist um so grösser, je geringer die Vorwärtsbeschleunigung ist (Falke beim Rütteln). In einzelnen Fällen ist es gelungen, die pronatorische Drehung der einzelnen Schwung- und Fächerfedern gegenüber der Flügelplatte beim Niederschlag direkt zu beobachten (bei Ruderflügeln). Ueber ihre Stellung bei der Flügelhebung wissen wir durch direkte Beobachtung so gut wie nichts. Doch ist es möglich, aus dem Bau des Flügels und der Kenntniss der Trajektorien seiner Oberflächenpunkte hierüber einige Schlüsse zu ziehen (s. folg. Capitel).

d. Zahl der Flügelschläge. Zeitliches Verhältniss zwischen Niederschlag und Hebung. Aus dem Umstande, dass der Sperling nicht immer im Fliegen einen schwirrenden Ton erzeuge, sondern nur bei rascherem Flügelschlage,

schliesst Prechtl, es mache dieser Vogel 6—10 Flügelschläge pro Secunde. Die Taube macht nach diesem Autor im Mittel 4, bei schnellem Fluge oder beim Steigen 5 Flügelschläge; die Saatkrähe im Mittel 3, im Maximum 4; der Adler gewöhnlich kaum 2, im Maximum 3. Diese Angaben verdienen nicht viel Vertrauen. Ich selbst bestimmte nach meinem Pulsschlag, dessen Frequenz gemessen war, die Zahl der Flügelschläge bei der Nebelkrähe bei mittlerer Horizontalgeschwindigkeit auf $4\frac{1}{2}$, diejenige des Storchs auf nicht ganz zwei pro Secunde. Marey vermochte einige wichtige Daten über die zeitlichen Verhältnisse des Flügelschlages direkt zu registriren. Er fand beim Sperling 13, bei der wilden Ente 9, bei der Taube 8, bei einem Weih (busard) $5\frac{3}{4}$, bei einem Käuzchen 5 und bei einem Mäusebussarden (buse) 3 Flügelschläge pro Secunde. Doch flogen diese Thiere nicht ganz unbehindert.

Was das Verhältniss des Niederschlages zur Hebung betrifft, so hat schon Prechtl angenommen, dass der Niederschlag mehr Zeit erfordere.

Marey bestimmte die Dauer der Flügelhebung und des Niederschlages nach Hundertstel Secunden, bei der Ente auf 5 und $6\frac{2}{3}$, bei der Taube auf 4 und $8\frac{1}{2}$, bei dem Mäusebussard auf $12\frac{1}{2}$ und 20.

Im Uebrigen ist es Jedem bekannt, dafs im Allgemeinen die Flugthiere um so seltenere Flügelschläge ausführen, je gröfser sie selbst und je grösser verhältnissmässig ihre Flügel sind. Es hat aber natürlich keinen Sinn, aus einem so geringen und mangelhaften Beobachtungs-Material empirisch das mathematische Gesetz der Beziehung zwischen der Schnelligkeit des Flügelschlages und etwa dem Körpergewicht feststellen zu wollen. Theoretische Erwägungen geben hier zur Zeit noch viel sicherere und rationellere Anhaltspunkte. (S. im zweiten Haupttheil dieser Schrift).

E. Neue Registrirmethoden.

Zum Schluss sollen noch die Ergebnisse der photographischen Aufnahme von in Bewegung befindlichen Flugthieren besprochen werden, soweit mir das Material zugänglich ist. Seit die Empfindlichkeit der photographischen Platten so gesteigert worden ist, dass eine ausserordentlich kurze Zeit der Einwirkung des Lichtes eines Gegenstandes zur Erzeugung eines Bildes genügt (z. B. $\frac{1}{500}$—$\frac{1}{1000}$ Sec.), scheint die Photographie

berufen, in der Lehre von den Ortsbewegungen die allergrösste Rolle zu spielen. Ums Jahr 1882 brachte la Nature einen Bericht über Momentanaufnahmen der verschiedensten in Bewegung befindlichen Geschöpfe, welche von dem Amerikaner Muybridge hergestellt worden waren. Es gelang, die Eindrücke einer Anzahl solcher Aufnahmen, welche einer Reihe von aufeinanderfolgenden Stadien derselben Bewegung entsprachen, mit Hülfe des sog. Zootrops oder Phenakistoskops zum Eindruck einer continuirlichen, der wirklichen Bewegung annähernd entsprechenden Bewegung aneinanderzufügen. [1])

Auf den Wunsch von Marey photographirte Muybridge auch Tauben im Flug. Marey aber hat das Verdienst, ein schon bei astronomischer Beobachtung angewendetes Verfahren verwerthet zu haben, um in ganz regelmässigen Zeitintervallen photographische Aufnahmen des in Bewegung befindlichen Thieres, speciell eines Vogels zu erhalten. Er konstruirte im Winter 1881|82 seine photographische Flinte (Beschreibung in den Comptes rendus. 1882 T. 94. pg. 823 und 1013).

Mit der photographischen Flinte war man genöthigt, dem Objekt zu folgen, so dafs nur die relativen Bewegungen registrirt werden konnten. Ihre volle Bedeutung für die Lehre der Ortsbewegung konnte die photographische Methode nur gewinnen, wenn es gelang, auch die absoluten Bewegungen der Theilchen zu registriren. Es ist ein grosses Verdienst Marey's, dieses Ziel klar erkannt und mit unermüdlichem Eifer verfolgt zu haben. Der wesentlichste Fortschritt nach dieser Richtung war die Anwendung einer einzigen, festgestellten photographischen Platte für eine Reihe von Momentaufnahmen, welche in regelmässigen Zeitintervallen auf einander folgten. Die zu überwindenden technischen Schwierigkeiten waren aber sehr gross. Es bedurfte einer ganz besonderen Empfindlichkeit der Platte; ein besonders günstiges Beleuchtungsverhältniss des Objektes wurde nothwendig gemacht u. s. w. (Comptes rendus. 1882 T. 95 pag. 15). Immerhin ist es Marey gelungen, die absoluten Verschiebungen eines Objectes oder bestimmter mar-

---

[1]) Zur Verdeutlichung thierischer Bewegung ist die rotirende Scheibe (Wunderscheibe, Phenakistoskop) mit am frühesten von Al. Ecker verwendet worden, bei Gelegenheit der Erläuterung der Bewegung der Flimmerhaare. (S. Icones physiologicae. Leipzig 1851 bis 1859. Tafel XI und erläuternder Text dazu). Mir hat eine stroboskopische Scheibe bei der Beobachtung fliegender Mauerschwalben (1878) einige Dienste geleistet. Diese Methode der Beobachtung gehörig vervollkommnet, verspricht guten Erfolg.

kirter Oberflächenpunkte desselben parallel einer bestimmten Ebene photographisch zu registriren, auch in Fällen, wo die blosse Beobachtung völlig im Stich lässt. Für die Analyse der Gang- und Sprungbewegung des Menschen hat diese Methode bereits Wichtiges geleistet.

Die bis Mitte 1884 von Marey publicirten Serienphotographien von fliegenden Vögeln geben mit Bezug auf die Verhältnisse des normalen Horizontalfluges noch keinen Aufschluss. Doch hat jener verdiente Forscher in Aussicht gestellt, dass er diese neuen, vielversprechenden Methoden zu ausgedehnten Untersuchungen über die Flugbewegung verwerthen werde.

Ich will hier mit Contourlinien das Bild reproduciren, welches Marey von einer fliegenden Taube erhalten und im 96. Bande der Comptes rendus (pg. 1399 u. ff.) „abgedruckt" hat. Das Zeitintervall zwischen zwei benachbarten Aufnahmen betrug $\frac{1}{9}$ Secunde, etwas weniger als der Dauer eines Flügelschlages entsprach, so dass jedes nach links folgende Bild einer etwas früheren Phase der Periode entspricht. Ich habe mir erlaubt, durch eine punktirte Linie ganz annähernd den Weg anzudeuten, welchen etwa das äussere Ende des Flügels beschrieben hat. Es handelt sich hier sicher nicht um die Verhältnisse des normalen, horizontalen Fluges, sondern um ein ziemlich steiles Aufsteigen.

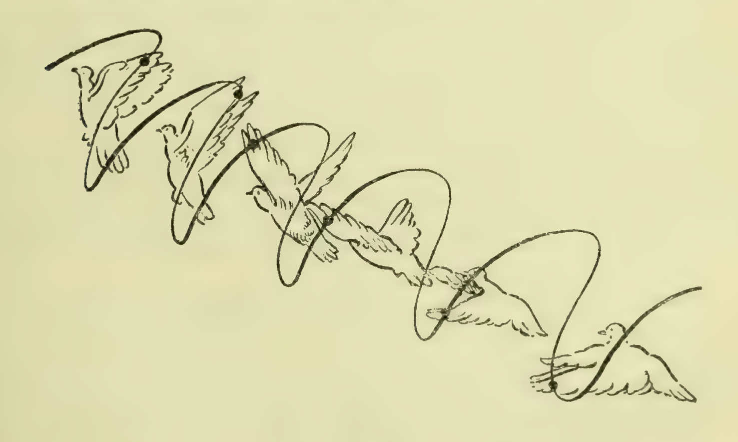


Fig. 12.

Diesem Umstand vor Allem schreibe ich es zu, dass der Flügel beim Niederschlage so weit vorgeführt wird, ferner auch, dass die relative Hebung so gross ist.

Meine eigenen Beobachtungen haben mir ergeben, dass eine Taube, wenn sie durch Flügelschläge einigermassen steil emporsteigt, ihre Flügel wesentlich in Ebenen bewegt, welche einen nach vorn oben offenen Winkel mit einander bilden. Die mediane Schnittlinie der beiden Ebenen liegt auch noch mit Bezug auf die jeweilige Richtung des Rumpfes ventral weiter gegen den Kopf des Thieres zu; besonders ausgeprägt ist aber dieser Umstand, so lange die supinatorische Drehung des Ganzen noch zunimmt.

Ich will bei dieser Gelegenheit bemerken, dass beim Aufsteigen mit Flügelschlägen der Flügel bei der Hebung nothwendig einen sehr grossen dorsalen Widerstand erzeugen muss, welcher den Vogel vorwärts treibt. Beim Niederschlag ist dagegen der Flügel im Ganzen fast stets supinirt. Nur die grossen Schwungfedern mögen horizontal oder etwas pronirt sein [1]).

Es ist hier der Ort, auch noch an die ausgezeichneten Leistungen des Herrn Oswald Anschütz (Lissa-Posen) im Gebiete der Momentanphotographie zu erinnern. Dass wir in ihm einen Mann von scharfer Beobachtungsgabe für die Phaenomene der Bewegung und von vorzüglichem technischen Können besitzen, braucht wohl nicht weiter hervorgehoben zu werden. Seine Bilder aus dem Leben einer Storchenfamilie sind neben vielen andern bereits weltbekannt. Hier wäre eine nachdrückliche Unterstützung durch Privatmittel und durch wissenschaftliche Körperschaften gewiss sehr gut angebracht. Nur eine solche könnte es dem bescheidenen Manne möglich machen, seine Kraft in erfolgreicher Weise in den Dienst der Wissenschaft zu stellen.

Wenn einerseits die relativen Bewegungen, andererseits die Trajectorien der wichtigsten Orientirungspunkte des Vogelkörpers für irgend ein bestimmtes Flugthier und eine bestimmte Flugart durch diese neuen Methoden ermittelt sind, so wird es sich sehr

---

[1]) Will das Thier seine Vorbewegung schnell anulliren, ohne sich zu heben oder rasch zu drehen, so schlägt es mit den Flügeln noch mehr direkt vorwärts, fast in einer Horizontalebene durch das Schultergelenk. Dabei aber erfolgt, sicher durch besondere Anstrengung bestimmter Muskeln, eine hochgradige Supination des Flügels, so dass sein Vorderrand jetzt annähernd über dem Hinterrand stehen kann. Ausserdem krümmt sich der Flügel am Ende des Vorschlages über die nun vorwärts einwärts gewendete Unterfläche, sodass beide Flügel zusammen, von unten gesehen, wo sie fast zu Linien verkürzt erscheinen, eine leier- oder U-förmige Figur bilden; die Flügelspitzen überragen dann den Kopf. Wie der Rückschlag erfolgt, vermag ich nicht anzugeben.

empfehlen, ein Modell herzustellen. Genau entsprechend jeder einzelnen bekannten Momentanstellung könnte ein Exemplar der betreffenden Species ausgestopft und aufgestellt werden; diese einzelnen Modelle müssten in den richtigen Abständen angeordnet, die Trajektorien der einzelnen wichtigsten Oberflächenpunkte aber durch Drähte dargestellt sein. Auf diese Weise könnte das Verständniss der Bewegung sehr gefördert werden.

Wir müssen immer eine solche Operation im Geiste vornehmen, wo es gilt, über Ort und Grösse der erzeugten Widerstände ein Urtheil zu fällen.

F. Die Trajektorien der Oberflächenpunkte des Vogelkörpers beim horizontalen Normalflug. Folgerungen bezügl. der Widerstände.

Es ist kaum möglich, die Bahnen, welche von einzelnen, auch den markirtesten Punkten des Flügels im Raum beschrieben werden, direkt durch Beobachtung zu ermitteln; immer beurtheilen wir die Bewegungen des Flügels naturgemäss nach ihrem Verhältniss zum Rumpf; es fehlt eben in der Regel in der unmittelbaren Nähe des fliegenden Vogels an fixen materiellen Punkten der Umgebung, auf welche wir die Bewegung des Thieres beziehen könnten, oder wo sie vorhanden sind, stören sie zugleich den regelmässigen Gang der Flugthätigkeit oder beeinflussen unser Gesichtsfeld. Etwas entfernter liegende Hintergründe aber können schwer zu gleicher Zeit mit dem Vogel fixirt werden. Ich habe oft versucht zu ermitteln, ob die Flügelspitze am Ende des Niederschlages absolut rückwärts geht, wovon sicher nur die Rede sein könnte bei sehr energischer Vorwärtsbeschleunigung des Thieres, — konnte aber niemals mit Sicherheit bestimmen, dass es wirklich, oder dass es nicht der Fall war. Vielleicht sind Andere hierin glücklicher als ich.

Die Ergebnisse der Marey'schen Registrirversuche können aus den schon angedeuteten Gründen nicht zur Beurtheilung der Verhältnisse des freien Fluges verwerthet werden. Wohl aber unterliegt es gar keinem Zweifel, dass mit Hülfe ganzer Serien von Momentanphotographien, welche das Bild des fliegenden Vogels in regelmässigen Intervallen und in räumlichen Abständen, welche der absoluten Bewegung des Thieres proportinal sind, auf dieselbe

empfindliche Platte projicirt zeigen, die Frage nach den Trajektorien der einzelnen Körpertheile gelöst werden kann. Die bis jetzt bekannt gewordenen Serien dieser Art lassen sich leider für unsere Zwecke noch nicht verwerthen.

Wir sind deshalb darauf angewiesen, uns in weit mangelhafterer Weise zu behelfen, nämlich durch Combination der Erfahrungen über die relativen Bewegungen des Flügels zum Rumpfe mit dem, was wir bezüglich der gleichzeitigen absoluten Bewegung des Rumpfes wissen.

Was nun die absolute Bewegung des Rumpfes betrifft, so führt uns Ueberlegung zu dem Schluss, dass sie durch verticale Oscillationen und durch periodische Schwankungen der horizontalen Geschwindigkeit complicirt sein muss. Aber nur bei grösseren Vögeln mit langen grossen Flügeln vermag direkte Beobachtung die Verhältnisse dieser Oscillationen, speciell der verticalen, festzustellen. In anderen Fällen erscheint zwar die Bewegung des Rumpfes etwas ungleichmässig, aber jede genauere Beurtheilung und Schätzung der Schwankungen ist unmöglich. Sicher beruht dies zum Theil auch wieder auf dem Fehlen von ruhenden Orientirungspunkten der Umgebung. Immerhin aber können wir in einer ganzen Anzahl von Fällen die Bewegung des Rumpfes ohne grossen Fehler als eine gleichmässige bezeichnen.

Für die Taube, die Krähe und den Storch will ich im Folgenden diese Voraussetzung machen. Ist die relative Bewegung des Flügels zum Rumpf bei diesen Thieren bekannt und ebenso die horizontale Geschwindigkeit v, so lassen sich nun die wirklichen Trajektorien der Punkte ermitteln, und daraus und aus der Stellung der Oberflächen kann auf die Luftwiderstände geschlossen werden.

Bei anderen Fliegern, bei welchen die Oscillationen des Rumpfes erheblich ins Gewicht fallen, werden sich zwar für den Rumpf und für die basalen Theile des Flügels wesentlich andere Verhältnisse der Trajectorien und Luftwiderstände ergeben. An weiter aussen im Flügel gelegenen Punkten aber fällt die Verschiedenheit immer weniger ins Gewicht. So dürfen wir immerhin hoffen, bei den erst genannten Thieren wesentliche Aufschlüsse über die Funktion des Flügels und seiner verschiedenen Einrichtungen beim Flügelschlage zu gewinnen, welche als Fingerzeige bei der Untersuchung der complicirteren Form des Fluges benutzt werden können.

1. Oscillationen des Rumpfes unerheblich.

a. Anhaltspuncte zur Beurtheilung des Trajektoriums der Flügelspitze.

	Taube	Krähe	Storch
1. Zahl der Flügelschläge pro Sec.	8	4,5	1,8
2. Flügellänge	30 cm	40 cm	80 cm
3. Vertic. Schlagwinkel	60^0	50^0	45^0
4. $\tau:t$	1:2	3:5	1:2
Dauer der Hebung τ	$\frac{1}{24}$ Sec.	$\frac{1}{12}$ Sec.	$\frac{5}{27}$ Sec.
Dauer des Niederschlages t	$\frac{1}{12}$ „	$\frac{5}{36}$ „	$\frac{10}{27}$ „
5. Horizontalgeschwindigkeit v	900—1200 cm	700—800 cm	900 cm
Verticale Excursion der Flügelspitze	30 cm	37,5 cm	55 cm
Horizontaler Weg der Fl.spitze bei d. Hebung	$37\frac{1}{2}$—50 cm	$58\frac{1}{3}$—$66\frac{2}{3}$	$166\frac{2}{3}$ cm
Steigungswinkel α	$38\frac{2}{3}$—31^0	$32\frac{2}{3}$—$29\frac{1}{3}^0$	$18\frac{1}{3}^0$
Horizontaler Weg der Flügelspitze beim Niederschlag	75—100 cm	97—111 cm	$333\frac{1}{3}$ cm
Absteigwinkel β	$21\frac{2}{3}^0$—$16\frac{2}{3}^0$	21—$18\frac{2}{3}^0$	$9\frac{1}{3}^0$

Für die folgende Berechnung darf man ohne erheblichen Fehler annehmen, dass die Flügelspitze am Beginn und am Ende des Niederschlages in derselben queren Verticalebene des Rumpfes liegt, sich demnach sowohl bei der Hebung als während des Niederschlages in der z-Richtung mit einer mittleren Geschwindigkeit bewegt, welche derjenigen des Ganzen gleich ist.

Könnte man voraussetzen, dass die verticale Geschwindigkeit für die ganze Zeit des Niederschlages und dann wieder für die Hebung constant ist (in beiden Zeiten natürlich verschieden, weil ja dieselbe verticale Strecke bei der Hebung schneller zurückgelegt wird, als beim Niederschlag), so würde die Bewegung der Flügelspitze, soweit sie bei der Betrachtung von der Seite (in der zv-Ebenenprojection) zur Geltung kommt, in einer Zickzacklinie geschehen (Fig. 13 $mnop$).: bei der Hebung aufwärts vorwärts in einer geraden Linie, die mit der z-Richtung den Winkel

α bildet, den wir als Steigungswinkel bezeichnen; beim Niederschlage vorwärts abwärts aber in einer geraden Linie, die mit der z-Richtung den Absteigwinkel β bildet.

Diese beiden Winkel sind für die Taube, Krähe und den Storch in unserer Tabelle aus den mit 1—5 bezeichneten Voraussetzungen berechnet worden.

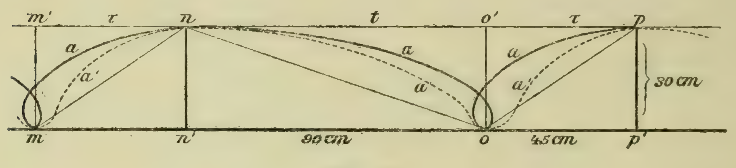


Fig. 13.

Nun ist aber die verticale Geschwindigkeit keine gleichmässige; vielmehr zeigt die Aufwärtsbewegung der Flügelspitze ein sehr plötzliches Maximum bald nach Beginn der Hebung, die Abwärtsbewegung aber ein relativ weniger hohes Maximum in der zweiten Hälfte des Niederschlages. Entsprechend diesen Maxima muss die Flügelspitze natürlich viel steiler auf- resp. absteigen, als den Theil-Stücken jener Zickzacklinie entspricht, während dafür natürlich am Beginn und am Ende des Niederschlages und der Hebung die Steilheit geringer ist. Es müsste das Sagittalprofil der Flügelspitze annähernd dieselbe Steigung aufweisen, wie das auf die Sagittalebene projicirte Trajektorium derselben, wenn sie genau mit der Vorderkante voran gegen die Luft ginge; ja so lange es sich um die Hebung des noch gesenkten Flügels handelt, müsste die supinatorische Neigung des Sagittalprofils sogar eine steilere sein. Die pronatorische Neigung des Sagittalprofils dagegen beim Niederschlag darf, nachdem die Horizontalebene des Schultergelenkes passirt ist, nicht so gross sein, wie die Neigung der Sagittalprojection des Trajectoriums, wenn auch hier das Flügelende genau mit der Vorderkante voran die Luft durchschneiden soll.

Wir können nun aber auf Grund unserer Beobachtungen mit Sicherheit behaupten, dass beim horizontalen Normalflug der Supinationswinkel des genannten Sagittalprofils während der Hebung bei der Taube niemals den Werth 35°, bei der Krähe niemals die Grösse 30°, beim Storch nicht den Betrag 20° erreicht.

Im Moment der maximalen Hebungsgeschwindigkeit ist demnach bei allen 3 Thieren die Supination

des Flügelendes viel zu gering, als dass das letztere die Luft genau in der Richtung seiner Fläche, mit der Kante voran durchschneiden könnte.

Es besteht kein Zweifel, dass zu dieser Zeit die Dorsalseite der Flügelspitze gegen die Luft geführt wird.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass ich die Horizontalgeschwindigkeit v im Vergleich zum Schlagwinkel und zur Anzahl der Flügelschläge eher zu gross als zu klein gesetzt habe.

Für die Flügelspitze der Taube erhält man also (für $v =$ 1180 cm) ein Trajectorium, dessen zv-Projection etwa die Form der in Fig. 13 dargestellten Curven hat. Die ausgezogene Curve aaa würde der Annahme entsprechen, dass die Flügelspitze am Ende des Niederschlages absolut etwas rückwärts geht, die punktirte Curve $a^1a^1a^1$ der wahrscheinlicheren Annahme, dass dies nicht der Fall ist.

b. Trajectorien der übrigen Punkte.

Was für das Flügelende gefunden wurde, gilt natürlich nicht ohne Weiteres für die mehr basal gelegenen Theile der Flügelfläche. Je näher dieselben dem Schultergelenk liegen, desto geringer ist ihre verticale Excursion bei derselben mittleren horizontalen Geschwindigkeit, desto geringer sind auch die Abänderungen der verticalen und horizontalen Geschwindigkeit, desto gestreckter also die Trajectorien. Nun ist zwar die supinatorische Neigung der basalen Theile des Flügels gegenüber derjenigen des Flügelendes bei der Hebung etwas geringer. Trotzdem aber entspricht sie besser dem Maximum der Steilheit, mit welcher diese Theile vorwärts aufwärts sich bewegen. Die Zeit, während welcher die obere Seite voran gegen die Luft geht, wird demnach um so kürzer, je mehr basal gelegene Theile des Flügels man ins Auge fasst. Ja es muss zuletzt eine Stelle kommen, wo eine solche Zeit gar nicht mehr vorhanden ist. Zunächst beim Schultergelenk geht der Flügel sicher auch bei der Hebung stets mit der etwas supinirten Seite voran gegen die Luft.

Da wo der Flügel eine compakte Platte darstellt, wird natürlich der Luftwiderstand an derjenigen Seite erzeugt, welche gegen die Luft vorrückt. Wie verhält es sich aber an dem äussersten Theil des Flügels, der durch eine einfache Reihe von Contourfedern gebildet wird?

In der Fläche der Schwinge stehen die Ebenen der einzelnen

Schwungfedern schräg, der vordere (äussere) Rand bei natürlicher Gleichgewichtslage etwas nach dem Dorsum zu gerichtet. Beim Niederschlage, überhaupt sobald der Flügel mit der Unterseite und Vorderkante voran gegen die Luft geht, werden diese einzelnen Federfahnen deshalb um so voller von der Luft gepackt und vermöge ihrer Asymmetrie in pronatorischem Sinne gedreht; da wo die Federn isolirt vorstehen, unter Umständen so weit, dass nun der Hinterrand gegen das Dorsum des Flügels zu abweicht, doch natürlich niemals ganz soweit, dass ihre Unterflächen dem Einfluss des Luftwiderstandes gänzlich entrückt werden. Auch wenn die Hebung des Flügels beginnt und die Spitze noch rückgeführt wird, dauert diese Einwirkung noch einen Moment an. In den nun folgenden Phasen aber geht nicht mehr die Unterfläche des ganzen Flügelendes, sondern die vordere Kante, ja die obere Seite voran gegen die Luft. Die Schwingen drehen sich dann sehr schnell in ihre natürliche Gleichgewichtslage zurück. Aber auch diese ist keine so stark supinatorische, dass im Moment der schnellsten Hebung die einzelnen Schwungfedern bloss mit dem Vorderrand die Luft treffen könnten, vielmehr erzeugt ihre Oberseite einen Luftwiderstand; und wenn auch noch so leicht unter dem Einfluss desselben die Supinationsstellung der Schwungfedern vermehrt wird, was eine Verminderung des Einflusses des dorsalen Luftwiderstandes zur Folge hat, so kann diese Supination doch nicht so weit gehen, dass der dorsale Luftwiderstand = 0 wird.

Die Luft gleitet zwar leicht an der glatten Rückseite dieser Federn vorbei und durch die schmalen oder breiten Zwischenräume zwischen ihnen hindurch, aber doch nicht ohne einen Druck senkrecht zur Fläche auszuüben.

Wie an der einzelnen Schwungfeder die Stellung des hintern zum vordern Rande von der Einwirkung des Luftwiderstandes mit abhängt, so natürlich auch an der ganzen Schwinge; und wenn auch noch am Fächer ein dorsaler Luftwiderstand entwickelt wird, so muss natürlich auch hier in Folge davon der Hinterrand des Fächers gegenüber dem gesteiften Vorderarm (und der Ebene des Flügeldreiecks) gesenkt werden. Eine derartige Einwirkung muss aber, zum Unterschied von der Einwirkung auf die einzelnen Schwungfedern, die Stellung der Flügelfläche als Ganzes beeinflussen und braucht daher nicht noch einmal von uns in Rechnung gebracht zu werden.

Ein jeder Luftüberdruck dorsal an supinirten

Flächen des Flügels zerlegt sich in eine abwärts treibende schädliche und in eine vorwärts treibende locomotorisch nutzbare Componente (von der queren können wir absehen).

Es wird zwar vor allem die Aufwärtsbewegung des Flügels selbst erschwert, aber diese Wirkung kommt einer Einwirkung auf den Gesammtschwerpunkt gleich. Es gleiten zwar vor allem die Flügel an der widerstehenden schiefen Fläche der Luft nach vorn ab; aber auch dies repräsentirt natürlich eine Einwirkung auf die Gesammtmasse, ob nun der Flügel als starres Ganzes nach vorn gedreht wird oder vor allem seine weniger gegenüber dem Rumpf fixirten Theile. Die eingezogene Schwinge wird durch diesen Widerstand an der Dorsalseite wirklich ausgestreckt u. s. w. So wirkt ein grosser Theil des Widerstandes an der Dorsalseite des aufwärts bewegten Flügels nützlich, indem er zugleich die Vorbewegung der Gesammtmasse vermehrt und die Configuration des Systems in nützlicher Weise ändert, also innere Kräfte (Muskelaktion) erspart. Er unterstützt die Vorführung und Ausbreitung des Flügels bei der Hebung.

Die nützliche vorwärts treibende Wirkung überwiegt um so mehr über die schädliche abwärts gerichtete, je stärker die Flächen, an denen er sich entwickelt, supinirt sind. Die configurationsändernde Wirkung aber wird besonders dadurch begünstigt, dass die Einwirkung weit entfernt von den Drehpunkten des Schulter- und des Handgelenkes stattfindet; sie kann immer noch beträchtlich sein, selbst wenn nur an dem äussersten Ende des Flügels ein dorsaler Widerstand zur Geltung kommt.

Mit der Hebung des Flügels verbindet sich also naturgemäss eine Streckung, nicht, wie Viele angenommen haben, eine Einziehung des Flügels. Letztere unterstützt, wie schon erörtert wurde, zum Schluss die Wirkung des Niederschlages zur Hebung und Vorbewegung des Ganzen; freilich wird sie von Bedeutung auch für die Hebung des Flügels. Es erlaubt ja die Beugung im Handgelenk eine grössere Supinationsstellung der ganzen Schwinge und der einzelnen Schwungfedern, vermindert also die Grösse des dorsalen Widerstandes an den mit der grössten Aufwärtsgeschwindigkeit behafteten Flügeltheilen und verändert zugleich das Verhältniss der beiden Componenten desselben zu Gunsten der vorwärts treibenden.

Die schädliche Wirkung des dorsalen Widerstandes ist durch derartige kunstvolle Einrichtungen, welche vor allem die Zunahme der passiven Supinirbarkeit der ein-

zelnen Flügelflächenstücke gegen die Flügelspitze hin ermöglichen, zwar möglichst beschränkt; es kommt ein Theil der durch ihn vermehrten Hebungsanstrengung der Vorbewegung zu gute und hilft die Configuration nützlich verändern; ganz eliminirt kann aber der daraus entspringende Nachtheil nicht werden. Ist es etwa denkbar, dass durch geeignete Einrichtungen des Flügels und besondre Thätigkeit seiner Muskeln die Flügelflächen so aktiv umgestellt werden könnten, dass sie bei der Hebung mit noch geringerem Widerstande die Luft durchschneiden? Die Anpassungsmöglichkeit an die jeden Augenblick obwaltenden Verhältnisse wäre nur zu erzielen dadurch, dass den schädlichen Widerständen eine, wenn auch noch so geringe Einwirkung verbliebe, welche die regulatorische Umstellung des Flügels veranlasst; die Umstellung selbst würde mit grossem Aufwand an Muskel- und Nervenkraft verbunden sein. Der Nachtheil eines grösseren dorsalen Widerstandes muss dem gegenüber als der geringere, die vorhandene Regulation ohne Mitwirkung der Muskeln möchte im Allgemeinen als genügend genau erscheinen.

Die Grösse des dorsalen Widerstandes ist übrigens je nach dem Flugthier und der Art seines Fluges verschieden.

Ich werde später erörtern, dass die locomotorische Leistung beim normalen Fluge dem Gewicht P des Thieres proportional bleibt, wenn die mittlere Horizontalgeschwindigkeit sich verhält wie $P^{1|6}$, oder wenn $\frac{v}{P^{1|6}}$ constant ist. Bei gleich grosser relativer Grösse der Flügelfläche $\left(\frac{F^{1|2}}{P^{1|3}}\right)$ und relativer Länge des Flügels $\left(\frac{L^{1|2}}{P^{1|3}}\right)$ bleibt dann auch das Verhältniss der verticalen Excursion der Flügelspitze zur horizontalen beim Niederschlage oder bei der Hebung annähernd dasselbe, ganz abgesehen von der Zahl der Flügelschläge. Ein relativ grösserer Flügel bedingt eine verhältnissmässig kleinere verticale Excursion. Eine relativ grössere horizontale Geschwindigkeit ist jenseits einer gewissen Grenze nur durch eine Vergrösserung der (relativen horizontalen und der) verticalen Excursionen des Flügels im Verhältniss zu der mittleren Horizontalgeschwindigkeit zu bewerkstelligen [1]).

---

[1]) Andererseits müssen die verticalen Excursionen im Verhält-

Ich werde ferner zeigen, dass kleinere Flugthiere im Allgemeinen in den Stand gesetzt und durch die gegenseitige Concurrenz darauf angewiesen sind, sich mit verhältnissmässig grösserer Horizontalgeschwindigkeit zu bewegen. Dementsprechend wird bei ihnen im Allgemeinen der schädliche dorsale Widerstand bei der Flügelhebung ein grösserer sein müssen. Dies ist um so mehr der Fall, je kleiner im Verhältniss zu dem übrigen Körper die Proportionen ihres Flügels sind. Ich bin der Meinung, dass die kleineren Flugthiere geradezu die Flügelhebung mit benutzen, um ihre Vorwärtsgeschwindigkeit noch stärker zu vermehren, als sie es sonst thun könnten, — obschon in Folge davon die für das Verbleiben in demselben Niveau erforderliche Arbeit eine grössere wird. Von diesem Gesichtspunkte aus verstehen wir die Unterschiede in dem Verhältniss zwischen horizontaler und verticaler Verschiebung der Flügelspitze bei der Taube, der Krähe und dem Storch (S. unsre Tabelle pg. 255).

Wir kommen aber auch zu dem Schlusse, dass zwischen dem Fluge der kleinen Insekten und demjenigen der Vögel hinsichtlich der Wirkung der Flugflächen auf die Luft beim regelmässigen Flügelschlag nicht der grosse prinzipielle Unterschied besteht, den viele Autoren annehmen. Man ist allgemein der Ansicht (Strauss-Dürckheim, Marey), dass der Insektenflügel bei der Hebung mit der Oberseite voran gegen die Luft geht, obschon diese Thatsache eigentlich nur für den stationären, nicht aber für den fortschreitenden Flug dieser Thiere sicher durch Beobachtung festgestellt ist. Für die Vögel aber würde man mit der gleichen Sicherheit eben dasselbe für den stationären Flug behaupten können Wenn daher angenommen wird (Marey, Tatin), dass der Flügel der Vögel in wesentlich andrer Weise bewegt werde, indem die äusseren Theile mit der scharfen Kante, die innern sogar mit der Unterseite voran gegen die Luft gehen, so gilt das sicher nicht ganz allgemein. Man kann zugeben, dass diese Annahme auf den fortschreitenden Flug grösserer Vögel so ziemlich passt; ich meine aber, dass sie um so ungenauer ist, je kleiner der Vogel, je grösser seine relative Horizontalgeschwindigkeit und je kürzer (relativ) der Flügel ist. Man wird finden, dass mit Be-

---

niss zu der horizontalen Bewegung auch wieder ausgiebiger werden, wenn die Grösse der horizontalen Bewegung sich der Gränze *0* nähert. (Stationärer Flug. Falken beim Rütteln.)

zug auf die in Rede stehenden Verhältnisse durch die Schwalben und Kolibris hindurch z. B. zu den Libellen ein allmähliger Uebergang vorhanden ist. Andererseits ist, wie gesagt, jene Annahme auch dann nicht richtig, wenn die horizontale Geschwindigkeit sehr gering ist.

Hinsichtlich der Trajektorien der verschiedenen Punkte des Flügels beim Niederschlage kann ich mich kurz fassen. Für die Basis des Flügels sind die Trajektorien geradlinig, sobald die Oscillationen des Rumpfes resp. der Schulter vernachlässigt werden können; je weiter die Oberflächentheile des Flügels distal liegen, desto steiler steigt ihre Bahn bei der Hebung des Flügels in die Höhe und bei dem Niederschlage abwärts. Je grösser im Verhältniss zur verticalen relativen Excursion die horizontale Vor- und Rückführung ist, desto weniger gleichen die Trajectorien einer Sinuscurve, desto mehr aber einer Cycloide. Solches gilt z. B. für die Flügelspitze im Vergleich zum Trajektorium des Carpus, weil ja die Schwinge nicht bloss mit dem Flügel als ein Ganzes, sondern auch noch für sich gegenüber dem Carpus bewegt wird. Je weiter die Punkte nach aussen liegen, desto schärfer werden die Umbiegungen ihrer Trajektorien an den unteren Wendepunkten. Doch schreitet sicher in der Regel die Flügelspitze auch beim tiefsten Stande, trotz der relativen Rückbewegung, noch vorwärts. Ob unter Umständen die absolute Vorbewegung in diesem Augenblicke = 0 oder sogar negativ sein, das Trajektorium also hier die Spitze eines scharfen Winkels oder sogar eine Schleife aufweisen kann, vermag ich, wie gesagt, nicht zu entscheiden. — Am Flügel allein und falls keine Schleifenbildung vorkommt, allein beim Niederschlage ist Gelegenheit gegegeben, dass pronirte Oberflächen des Vogelkörpers gegen die Luft sich verschieben. Hier allein (abgesehen von dem Widerstande an der Dorsalseite der supinirten Flügelflächen bei der Hebung) können Luftwiderstände eine vorwärts treibende Wirkung haben. Es ist aber leicht einzusehen, dass die Sagittalprofile der Flächen, wenn sie überhaupt gegen die Luft bewegt werden sollen, dabei weniger pronirt sein dürfen, als der Neigung ihrer Trajektorien entspricht. Dies gilt ganz genau nur für den Fall, dass die gleichzeitige quere Bewegung der Punkte = 0 ist, in ganz besonderem Maasse für den Fall, dass der Flügel sich der Mittelebene nähert; es braucht in geringerem Grade der Fall zu sein,

je mehr der Flügel zugleich nach aussen schlägt. Die zulässige Pronation ist für verschiedene Theile des Flügels im Allgemeinen um so kleiner, je näher dieselben dem Schultergelenk liegen, und für entsprechende Theile des Flügels um so geringer, je kleiner die verticale Excursion der Flügelspitze im Verhältniss zu der mittleren Horizontalgeschwindigkeit derselben ist, beim Storch also z. B. kleiner als bei der Taube.

Es ist bekannt, dass thatsächlich beim Niederschlag die Pronation der Flügelfläche im Ganzen, namentlich aber die pronatorische Neigung an den Flächen der einzelnen Gliederstücke des Flügels gegen dessen Spitze hin zunimmt, wobei der Luftwiderstand selbst die Hauptrolle spielt. Die Sagittalprofile der Flügelbasis bleiben auch beim Niederschlag in der Regel noch etwas supinirt.

c. Resultirende Einwirkung der Luftwiderstände.

Man kann zugeben, dass die Aenderungen der horizontalen Geschwindigkeit des Rumpfes noch erheblich sein können, während die verticalen Oscillationen für die Beobachtung nicht mehr wahrnehmbar sind. Das Maximum der horizontalen Vorwärtsgeschwindigkeit des Rumpfes dürfte etwa an der Gränze von t zu τ vorhanden sein. Da der Rumpf und die Flügelbasis etwas aufgerichtet sind und ihre Unterflächen wie eine Drachenfläche gegen die Luft gehen, so muss ein periodisch wechselnder Luftwiderstand erzeugt werden, der eine verticale, stets nach oben gerichtete Componente hat. Immerhin kann bei der Taube, bei der Krähe, beim Storch die Grösse der Zu- und Abnahme dieses Widerstandes im Verhältniss zu seinem mittleren Betrag keine sehr grosse sein. — Der an den Flügeln erzeugte verticale Widerstand hat offenbar ein Maximum um die Mitte des Niederschlages, das mehrmals grösser ist als das Maximum des Rumpfwiderstandes, und ein Minimum vor der Mitte der Hebung, das wohl von 0 unter Umständen, z. B. bei der Taube nicht weit entfernt ist. Auf jeden Fall ergiebt sich für den gesammten verticalen Luftwiderstand für jede Periode ein Hauptmaximum und ein Hauptminimum, abgesehen von kleineren Schwankungen; jenes fällt in die Zeit des Niederschlages, dieses in die Hebung.

Der resultirende horizontale Widerstand hat eine maximale nach vorn gerichtete Wirkung (gegen Ende des Niederschlages) und eine maximale Wirkung nach der umgekehrten Richtung (am Ende der Hebung).

2. Berücksichtigung der Oscillationen des Rumpfes.

Sie hängen von folgenden zwei Verhältnissen ab:

a) Von den relativen Bewegungen zwischen Rumpf und Flügel oder von den Bewegungen des Rumpfes gegenüber dem gemeinsamen Schwerpunkt.

b) Von der resultirenden Wirkung der äusseren Kräfte auf das Ganze, oder von den Oscillationen des gemeinsamen Schwerpunktes.

a. Relative Bewegung gegenüber dem Gesammtschwerpunkt.

Nach Prechtl pg. 222 ist

bei	Gesammtgewicht P in Loth	Das Gewicht F beider Flügel in Loth	Das Verhältniss von $F:P$
Saatgans	208	28	1:7,43
Thurmfalk . . .	14	2	1:7
Kiebitz	13	2	1:6,5
Taubenhabicht . .	38 $^1/_2$	6 $^1/_2$	1:5,9
Saatkrähe . . .	30	5 $^1/_3$	1:5,66
Steinadler . . .	192	38	1:5,05
Seeadler	288	60	1:4,8

Beide Flügel zusammen machen also im Mittel ungefähr $^1/_6$ des Gesammtgewichtes aus, der Rumpf $^5/_6$. Es giebt aber Thiere, z. B. die Möven, bei welchen die Flügel einen noch erheblich grösseren Bruchtheil des Körpergewichtes ausmachen als beim Seeadler.

Nehmen wir nun mit Prechtl (l. c. pg. 220) an, dass der Schwerpunkt des Flügels meist ungefähr an der Grenze des basalen und mittleren Drittels der Flügellänge gelegen ist, und nennen die relative Bewegung jeder Flügelspitze zum Rumpf in verticaler Richtung $= a$, so ist die relative verticale Bewegung jedes Flügelschwerpunktes oder des gemeinsamen Schwerpunktes beider Flügel zum Rumpfe $= \frac{a}{3}$. Diese Bewegung setzt sich zusammen aus der relativen verticalen Bewegung ϱ des Rumpfschwerpunktes S gegenüber dem gemeinsamen Schwerpunkt Σ und aus der verticalen Bewegung φ der Flügelschwerpunkte gegenüber letzterem. $\varrho + \varphi = \frac{a}{3}$. Für gewöhnlich ist

$$\varrho : \varphi = F : R = 1 : 5 \text{ bis } 6.$$

$$\varrho : (\varrho + \varphi) = R : F = 1 : 5 \text{ bis } 7 = \varrho : \frac{a}{3}$$

demnach ist $\varrho = \frac{a}{15 \text{ bis } 21}$. Je schwerer der Flügel gegenüber dem Rumpf ist, desto grösser ist die relative Bewegung des Rumpfes zum gemeinsamen Schwerpunkt im Vergleich zur gesammten verticalen Excursion des Flügelschwerpunktes gegenüber dem Rumpf. Dasselbe Verhältniss besteht jeweilen auch zwischen den Bewegungen der entsprechenden Punkte in der z-Richtung zu einander und gegenüber einer qv-Ebene, welche sich mit der mittleren Geschwindigkeit des Ganzen gleichförmig bewegt.

b. Die Oscillationen des gemeinsamen Schwerpunctes.

Sie hängen ab von der Form der Curve der resultirenden äusseren Einwirkungen auf das System, die verticalen Oscillationen von der Curve der verticalen, die z-Oscillationen von derjenigen der z-Componenten. Aber nicht bloss die Form der Curve ist von Einfluss, sondern auch die Dauer der Periode.

Bei ähnlicher Form der Curve der v-Componenten müsste die Höhe der verticalen Excursion des Ganzen dem Quadrat der Zeit T einer Periode porportional sein. Würde z. B. die Dauer der Hebung stets die Hälfte des Niederschlages betragen, und würde jederzeit der ganze verticale Widerstand gleichmässig während der Hälfte der Zeit des Niederschlages oder während $\frac{1}{3}$ der Periode und nur in dieser wirken, so würde sich bei 2 Flügelschlägen pro Secunde eine verticale Excursion des Rumpfes von 20 cm. ergeben, bei 4 Flügelschlägen wäre sie 5 cm., bei 8 Schlägen 1,25 cm. u. s. w.

Bei der gleichen Dauer einer Periode hängt die Excursion des Ganzen davon ab, wie die Curve sich zu der geraden Linie verhält, welche parallel zur Abscissenaxe mit dieser ein gleich grosses Kräftefeld bildet; je höher sie über diese Linie sich erhebt und unter sie sinkt, desto grösser ist im Allgemeinen die Excursion.

c. Ausnutzung grösserer Rumpfoscillationen.

Es wird sich in den folgenden Abschnitten, welche der Untersuchung der Kräfte und der Arbeitsleistung gewidmet sind, zeigen, dass die Wirkung der Schwere am Flügel zum Theil für die Vorwärtsbeschleunigung desselben und damit für die Locomo-

tion des Ganzen nutzbar gemacht wird. Man kann sich vorstellen, dass der Flügel beim Niederschlag, bei welchem er ja zumeist auch absolut abwärts bewegt wird, wie auf einer schiefen Ebene vorwärts abwärts gleitet, wobei die Schwere mithilft seine Vorwärtsbewegung zu beschleunigen, und dass zu irgend einer Zeit diese Vorbewegung, also auch der Antheil, den die Schwere an ihr hat, in irgend einer Weise nützlich verbraucht wird. Beim Rumpf und bei der Flügelbais kann von einem derartigen Verhalten keine Rede sein, so lange sie jederzeit mit (wenn auch noch so wenig) supinirten Flächen gegen die Luft gehen. Der Gedanke liegt nun nahe, dass bei grösseren Oscillationen des Rumpfes auch für ihn und die zunächstliegenden, mit ihm bewegten Theile des Flügels durch pronatorische Umstellung die Möglichkeit einer derartigen Wirkung gegeben sei.

Ich habe leider gar keine Erfahrung darüber, wie die grossen Seevögel mit kleinem Körper und sehr langen Schwingen sich beim Fliegen (mit Flügelschlägen) verhalten. Bei Möven ist mir eine periodische pronatorische Neigung des Rumpfes nicht aufgefallen. Wohl aber habe ich die seinerzeit für mich schwer verständliche Beobachtung verzeichnet, dass zu Anfang des Niederschlages des Flügels die Flügelbasis allein etwas pronirt ist. Ist dem so, dann könnten diejenigen Theile des Flügels, welche wesentlich den oscillatorischen Bewegungen des Rumpfes folgen, in ebenderselben Weise die Wirkung der Schwere zur Vorbewegung ausnützen wie die übrigen, aber aus Gründen, die sich alsbald ergeben werden, nicht gleichzeitig mit den äusseren Theilen des Flügels. Erst würde die Basis des Flügels pronirt werden, etwas später erst, während der innere in Supinationsstellung übergeht, der äussere Theil des Flügels.

Von vornherein war man vielleicht geneigt zu erwarten, dass der Vogel in manchen Fällen über die Luft dahingleite, wie ein Nachen über breite Wellen, dass er in Rumpf und Flügel vorn übergeneigt vorwärts abwärts sinke, sich allmählig horizontal stelle und mit mehr und mehr supinirten Flächen wie ein Drache gleichsam auf der andern Seite des Wellenthals wieder emporschiesse; indem sich dann eine relative Abwärts- und Rückwärtsbewegung des Flügels hinzugeselle, gewinne das Thier das alte Niveau und dieselbe Horizontalgeschwindigkeit wieder. Ein solcher Verlauf der einzelnen Perioden des Flügelschlages in vollkommen gleichmässig bewegter oder ruhender Luft ist vielleicht beim Albatros zu beobachten, ich weiss es nicht, kommt aber jedenfalls

nur unter ganz besonders günstigen Verhältnissen bei sehr grossen, grossflügligen Fliegern in Betracht. Es lässt sich einsehen, warum. Ich will hier nicht untersuchen, ob mit einer derartigen Form des Fluges ein wirklicher Vortheil für den Vogel verbunden ist. Es genügt zu wissen, dass sie nur möglich ist, wenn äussere Kräfte die Umstellung der Flächen besorgen. Durch relative Vor- oder Rückführung der Flügel kann nun zwar, wie später noch genauer erörtert werden soll, der drehende Einfluss des Luftwiderstandes geändert und regulirt werden. Zu dem nothwendigen Effect gebricht es aber meist an der nöthigen Zeit; denn die hebende und vortreibende Wirkung des e i n z e l n e n Flügelschlages und demnach auch die Grösse und Dauer jeder einzelnen Auf- und Niederbewegung des Ganzen ist beschränkt. Durch die inneren Kräfte allein aber kann wohl die Umstellung des Flügels besorgt werden, aber nur unter entgegengesetzter Drehung des Rumpfes. Dieser Umstand allein genügt schon, um verständlich zu machen, dass der in Rede stehende Typus des Fluges nicht öfter vorkommt.

Verhalten bei relativ grossem Rumpfgewicht.

Es ergiebt sich ferner, dass ein solcher Typus namentlich da unvortheilhaft ist, wo der Rumpf sich wegen der relativen Grösse seines Gewichtes ähnlich wie der gemeinsame Schwerpunkt bewegen müsste. Hier könnten äussere Kräfte allein am allerwenigsten die nöthige gleichartige Umstellung von Rumpf und Flügel bewirken. Grosse Rumpfoscillationen aber, welche ohne eine derartige Umstellung erfolgen, ohne dass also der Rumpf annähernd dieselbe Neigung zu seinem Trajectorium beibehält, machen ein stärkeres Aufgerichtetsein nothwendig, damit bei der Hebung des Rumpfes nicht sein Rücken gegen die Luft gehe, und vermehren im Ganzen die schädliche rückwärts gerichtete Componente des Rumpfwiderstandes gegenüber der aufwärts gerichteten, — sind also an sich eher zu vermeiden als zu erstreben. Eine Verminderung der verticalen Oscillationen des Rumpfes kommt zu Stande, wenn der verticale Widerstand am Flügel gleichmässiger während der ganzen Periode des Niederschlages erzeugt wird und auch während der Hebung erheblicher Auftrieb stattfindet. Vergrösserung von t gegenüber τ, länger anhaltende und gleichmässige Wirkung des Flügelniederschlages zur Hebung, vermehrte Drachenwirkung von Rumpf und Flügel bei der Hebnng, begünstigt durch Verbreiterung der Flügelbasis und durch Supination derselben, endlich eine möglichste Verminderung des dorsalen Luftwider-

standes am Flügel bei der Hebung (Typus des Ruderflügels), solches kommt also unter den grossen Fliegern namentlich denjenigen mit relativ grossem Rumpfgewicht und geringen verticalen Rumpfoscillationen zu.

Verhalten bei relativ kleinem Rumpfgewicht.

Etwas anders verhält es sich mit den Rumpfoscillationen bei verhältnissmässig geringem Körpergewicht. Hier könnten die verticalen Oscillationen des Rumpfes verschwinden, wenn der verticale Widerstand zwischen dem Niederschlage und der darauf folgenden Flügelhebung ein ausgesprochenes Maximum, am Ende der Hebung ein ebensolches Minimum hätten. Es lässt sich nun nicht bezweifeln, bei der Kleinheit des Rumpfes und seiner Flächen, dass der verticale Hauptwiderstand durch die Bewegung des Flügels entwickelt wird. Dieser aber geht, wenn überhaupt, sicher eher zu Ende als zu Anfang der relativen Hebung mit der Ventralfläche gegen die Luft. Verticale Oscillationen des Rumpfes sind demnach nicht zu vermeiden, und zwar fällt der absolute Tiefstand des Rumpfes sicher noch in den Verlauf des relativen Niederschlages. Die Gegenwirkung der den Flügel niederziehenden Muskeln auf den Rumpf muss wesentlich daran Schuld sein, dass letzterer in seiner Abwärtsbewegung gehemmt und emporgerissen wird. Es ist nun wichtig, dass die Wirkung des Flügelniederschlages nicht durch die relative Gegenbewegung des Rumpfes zu sehr beeinträchtigt werde. Von dem Moment an, wo der Rumpf absolut zu steigen beginnt, wird also die Aktion der niederziehenden Muskeln sehr rasch und energisch sich abspielen müssen, damit der Rumpf nach möglichst kurzer Strecke der Steigung die nothwendige Aufwärts- und Vorwärtsgeschwindigkeit erlangt habe, und nicht ein zu grosser basaler Theil des Flügels von der Abwärtsbewegung gegen die Luft ausgeschlossen werde. Immerhin liegen die Verhältnisse für die Erzeugung des Widerstandes hier ungünstig. So lange dagegen der Rumpf noch sinkt, ist die Wirkung des Flügelniederschlages begünstigt, weil nicht bloss die Spitze, sondern auch die Basis abwärts bewegt wird; dieser Umstand erlaubt die relative Niederbewegung des Flügels anfänglich einzuschränken.

Da der Flügel im Moment, wo der Rumpf seinen tiefsten Stand hat, noch abwärts geht, so hat der Gesammtschwerpunkt dabei seine tiefste Lage noch nicht erreicht. Ist letzteres der Fall, so ist der Rumpfschwerpunkt bereits im Steigen, der Flügel-

schwerpunkt noch im Sinken begriffen. *Es fällt das Maximum der verticalen Widerstände ungefähr mit diesem Zeitpunkt zusammen.*

Es ergiebt sich ferner bei einiger Ueberlegung, dass der Hochstand des gemeinsamen Schwerpunktes in das Ende der Flügelhebung fallen muss; dass in diesem Moment also der Flügel noch steigt, der Rumpf bereits wieder im Sinken begriffen ist. Wir können demnach die verticale Bewegung der 2 Partialschwerpunkte s und S und des Gesammtschwerpunktes Σ in der Zeit durch die 3 in Fig. 14 dargestellten Curven erläutern, welche Cur-

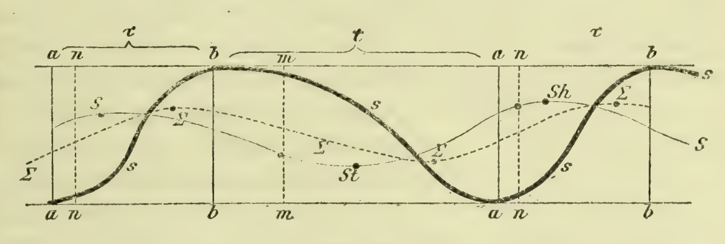


Fig. 14.

ven nicht mit den wirklichen Trajectorien der 3 Punkte, die ja auch noch von der z-Bewegung abhängen, verwechselt werden dürfen. Ungefähr da, wo sich die 3 Curven schneiden, liegen die Maxima und Minima des gesammten verticalen Widerstandes oder die tiefsten und höchsten Lagen des Gesammtschwerpunktes Σ (der Curve $\Sigma\Sigma$). Den Zeitpunkten bb und aa entspechen die höchsten und tiefsten Lagen des Flügelschwerpunktes (Curve ss). Die Stellen St und Sh der Curve SS des Rumpfschwerpunktes entsprechen den Maxima und Minima dieser Curve. Bei mm haben wir die maximale relative Erhebung des Flügels über den Rumpf, bei nn das Ende des relativen Niederschlages. Zwischen aa und nn findet noch Schliessung des Gelenkes, zwischen bb und mm Oeffnung statt; die Flügelspitze geht unmittelbar nach aa noch einen Moment relativ abwärts, nach bb noch einen Moment relativ in die Höhe, und bewegt sich natürlich bei mm und nn genau parallel dem Flügelschwerpunkt, dem gemeinsamen Schwerpunkt und dem Rumpfschwerpunkt.

Die Reihenfolge dieser verschiedenen Stellungen muss übrigens genau dieselbe sein, auch wenn die Oscillation des gemeinsamen Schwerpunktes, und wenn die relativen Oscillationen des Rumpfes mit diesem geringer sind, so lange nur der Tiefstand des Gesammtschwerpunktes, oder ein ausgesprochenes Maximum der ver-

ticalen Widerstände in die Zeit des Flügelniederschlages fällt. Letzteres wird immer der Fall sein. Wir können also obiges **Diagramm** auch benutzen, um die **Reihenfolge der Hauptereignisse einer Periode des Flügelschlages** ganz allgemein zu demonstriren.

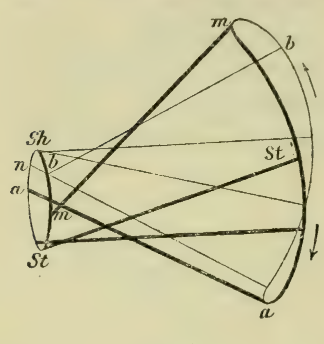


Fig. 15.

Fig. 15 giebt ebenso ganz allgemein die Reihenfolge der Stellungen der Flügellängslinien im Laufe einer Periode in der *qv*-Ebenen-Projection; die thatsächlichen Verschiedenheiten beruhen nur darin, dass in dem einen Fall der Bezirk, in welchem das innere Ende *o* auf und ab oscillirt, grösser, im andern kleiner, ja in vielen Fällen annähernd $= 0$ ist. Die dunkel ausgezogenen Linien stellen verschiedene Richtungen der Längslinie beim Niederschlage dar, die feinen Linien solche bei der Hebung. Jeden weiteren Commentar zu dieser Figur halte ich für überflüssig.

Auf die grossen Rumpfoscillationen der grossflügligen Flieger möchte ich noch mit einem Worte zurückkommen.

Weder ist die verticale Bewegung des Rumpfes in Folge der Oscillation gegenüber Σ durch die Oscillation **mit** Σ ganz anullirt, noch verstärken sich beide Einflüsse jederzeit.

In der Zeit, welche noch vergeht vom Augenblick des relativen Hoch- oder Tiefstandes von S bis zum Moment, in dem Σ den höchsten oder tiefsten Stand hat, sind beide Einflüsse conträr, in der übrigen Zeit gleichgerichtet. Der Rumpfschwerpunkt aber steigt und fällt dann eine Zeit lang gleichzeitig mit dem Flügelschwerpunkt, nämlich ungefähr in der ersten Hälfte des Niederschlages und der Hebung, während er sich in dem Rest der beiden Zeiten entgegengesetzt zu s verhält. Wie der Rumpf verhalten sich die zunächst gelegenen Theile des Flügels. Die gleichartigen Wendepunkte der Trajectorien von Rumpf- und Flügelschwerpunkt liegen um so weiter auseinander, die entgegengesetzten um so näher bei einander, je geringer die Oscillationen des gemeinsamen Schwerpunktes sind, oder je mehr die tiefste Lage des letzteren mit dem Anfang des Flügelniederschlages zusammenfällt (vgl. Fig. 14).

Soll der Luftwiderstand möglichst an der Unterseite des

Flügels entwickelt werden, so müssen dessen Flächen sich ihren Trajectorien mehr oder weniger anschmiegen. Daraus ergiebt sich die Nothwendigkeit einer grossen Torsionsfähigkeit des Flügels bei Vögeln mit relativ kleinem Rumpfgewicht. Am Ende der (absoluten) Hebung des Flügels wird der Flügel aussen supinirt sein müssen, während seine Basis schon pronirt sein kann; im Beginn des Niederschlages können die Flächen der Basis und Spitze sich ähnlicher verhalten; während die Pronation an der Spitze zunimmt, muss sie an der Basis verschwinden. Gegen Schluss des Niederschlages hat man Pronation der Flügelendflächen bei Supination der Basis zu erwarten. Die maximale Torsion des Flügels mit Zunahme der Pronation nach aussen muss sich gegen Schluss des Niederschlages, die maximale Torsion im umgekehrten Sinn gegen Schluss der Hebung zeigen. (Diese Maxima treten um so früher, schon um die Mitte der Zeiten ein, je weniger die Oscillationen des Gesammtschwerpunktes die relativen Oscillationen des Rumpfschwerpunktes corrigiren). Es ist bekannt, dass der Flügel der Möven sich wirklich durch eine grosse Torsionsfähigkeit auszeichnet. (Bezügl. dieser Verhältnisse vgl. Pettigrew: Diese Schrift pg. 60, und Marey, la machine animale pg. 219 u. pg. 285 u. ff.; beide Autoren haben über die Torsion des Flügels und ihre Abänderung sehr Bemerkenswerthes geltend gemacht. Marey lässt die Basis des Flügels stets supinirt sein, Pettigrew dagegen stets umgekehrt geneigt wie die äusseren Theile des Flügels).

II. Das Wechselspiel der Kräfte.

Einleitendes.

Unser nächstes Ziel ist, die bei einer bestimmten bekannten Form der Flugbewegung in jeder einzelnen Phase wirksamen inneren Kräfte nach Grösse, Richtung und Ort des Angriffes kennen zu lernen. Dabei beschränken wir uns auf die Untersuchung der zwischen Rumpf und Flügel wirkenden Kräfte und vernachlässigen diejenigen, welche zwischen verschiedenen Theilen des Flügels oder des Rumpfes zur Geltung kommen. Wir nehmen also zunächst an, dass die Formveränderungen der Flügel oder des Rumpfes selbst keinen nennenswerthen locomotorischen Effekt hervorbringen und dass die Hauptaktion am Schultergelenk vor sich geht. Später erst soll kurz besprochen werden, in welcher Weise ein Theil der Aktion im Schultergelenk durch Aktion im Handgelenk ersetzt werden kann. Der Rumpf gilt uns zunächst als die eine Partialmasse, die beiden Flügel als zwei weitere Partialmassen.

1) Rumpf mit Hals, Kopf und Schwanz soll kurzweg als Rumpf bezeichnet werden $= R$.
   Die beiden Flügel zusammen mit F, wobei R und F die Gewichte dieser Theile bedeuten.
   Das Gewicht des ganzen Körpers sei $= P$.

Jede innere Kraft zwischen Flügel und Rumpf, mag sie in einem Muskelzug, in Spannung von Bändern, von Haut oder irgend welchen Weichtheilen, oder in dem Druckwiderstand von Weichtheilen, in dem Drucke von Knochen gegen einander, oder in Reibungswiderständen am Gelenk bestehen, hat immer eine Wirkung nach zwei Seiten, Action und Reaction. Die Action ist jeweilen absolut gleich der Reaction. Wird die Wirkung der innern Kraft auf die Flügel in einem bestimmten Moment mit p bezeichnet, so ist die zugehörige Gegenwirkung auf den

Rumpf $= - p$. Beide Kräfte wirken in derselben Richtungslinie, aber in entgegengesetzter Richtung. Wir denken uns für irgend eine Phase die an der einen Körperhälfte wirksamen Kräfte verdoppelt; die Partikel der andern Körperhälfte in diejenigen dieser ersten Körperhälfte hineingeschoben; die mediane Grenzfläche des so vereinfachten Systems genöthigt, stets in derselben Sagittalebene zu verbleiben.

Wir werden also in Zukunft, wo wir von dem Flügel sprechen, darunter in der Regel die zu einem einzigen Flügel vereinigten Flügelmassen beider Seiten verstehen. Dasselbe gilt von den Kräften.

Aehnlich wie man für irgend einen Balkenquerschnitt eines Dachstuhls, einer Brücke u. dgl. die Grösse der in ihm wirksamen inneren Kräfte berechnen kann, sich zu diesem Behufe den Balken an diesem Querschnitt wirklich quer durchschnitten denkt und untersucht, welche Kräfte auf das Schnittende jedes Theilstückes wirken müssen, um dasselbe in seiner Lage zu erhalten, so kann man bei den dynamischen Problemen ebenfalls zu Werke gehen. Ich habe von diesem Princip der Untersuchung in meiner Abhandlung über die Ortsbewegung der Fische etc. bereits ausgiebigen Gebrauch gemacht.

Beim Vogel ist zwischen dem Oberarmkopf und seiner Gelenkkapsel schon von Natur eine Spalte vorhanden, hier kann es sich natürlich nur um Druck und Gegendruck handeln; die sämmtlichen wirklichen Verbindungen von Rumpf und Flügel denkt man sich quer durchschnitten. Die an solchen Querschnitten wirkenden inneren Kräfte und Gegenkräfte können hier sowohl in Zug und Gegenzug, als in Druck und Gegendruck bestehen. Von welcher Art, Grösse und Richtung sind nun in irgend einer Phase der Bewegung die Kräfte, welche vom Rumpf aus im Gelenk auf das Gelenkende des humerus und in den verschiedenen Muskelschnittflächen auf die dem Flügel zugetheilten Muskelenden einwirken? Wie gross sind also die inneren Kräfte am Flügel? und wie verhalten sich ihre Gegenkräfte, die inneren Kräfte am Rumpf? Wir wollen uns zunächst im Folgenden einen ersten Ueberblick hierüber verschaffen. Die inneren Kräfte am Flügel zusammen mit den äusseren Kräften an demselben bedingen die resultirende Bewegung resp. Bewegungsänderung des Flügels. Wir fassen zunächst nur ins Auge die Aenderung der Bewegung des Flügelschwerpunktes und lassen die Drehbewegung der ganzen Flügelmasse um den Schwerpunkt und die Configurationsänderung,

welche der Flügel daneben noch erfahren kann, gänzlich ausser Betracht. Die Einwirkung der Kraft auf den Bewegungszustand des Schwerpunktes einer Masse aber verhält sich so, als ob die Kraft in gleicher Grösse und Richtung auf die im Schwerpunkt concentrirt gedachte Masse einwirkte.

Kennt man die resultirende Bewegung des Flügelschwerpunktes, und die Grösse und Richtung der äusseren Kräfte, so kann daraus die nothwendige Grösse und Richtung der inneren Kräfte, d. h. ihrer resultirenden Einwirkung auf den Schwerpunkt gefunden werden. Es bleibt aber noch fraglich, in welcher Grösse und Richtung jede einzelne innere Kraft auf den Flügel einwirkt und an welchen Punkten jede angreift, also auch die Art und Weise, wie die verschiedenen Stellen der Flügelrumpfverbindung betheiligt sind.

Wir verzichten fürs erste auf diese Kenntniss und beschränken uns darauf,

Die resultirende Einwirkung der inneren Kräfte auf den Rumpf- und Flügelschwerpunkt zu ermitteln, und zwar fassen wir zunächst nur die verticalen Kräfte ins Auge.

α. Uebersicht über die Wirkung der äusseren und der gesammten inneren Kräfte auf Flügel und Rumpfschwerpunkt.

A. Die verticale Einwirkung der äusseren und der resultirenden inneren Kräfte am Flügel auf den Flügelschwerpunkt.

Im Folgenden soll jederzeit unter der Zeit des Flügelniederschlages t derjenige Theil der Periode T verstanden sein, in welchem sich der Flügelschwerpunkt absolut abwärts bewegt. Wie aus dem vorigen Abschnitte hervorgeht, beginnt dieser Abschnitt der Periode um etwas, wenn auch nur um ein Weniges, früher als die relative Niederbewegung des Flügels (Schliessung des Schultergelenkes) und hört um einen Moment früher auf.

Aehnlich verhält sich der Zeitabschnitt der Flügelhebung τ (der Hebung des Flügelschwerpunktes) zu der relativen Flügelhebung (Oeffnung des Schultergelenkes); die Flügel- Vor- und Rückführung aber soll zeitlich begrenzt sein durch die Augenblicke, in denen die z-Geschwindigkeit des Flügelschwerpunktes maximal und minimal ist.

Mit Bezug auf die in der folgenden Darstellung vielfach vorkommenden Buchstabengrössen, welche durch Indices in kleineren Lettern charakterisirt sind, sei zum Voraus bemerkt, dass z. B. f und r im Index bedeutet: am Flügel, am Rumpf wirkend, fh und rh: Flügel hebend, Rumpf hebend: fn und rn, Flügel- resp. Rumpfniederziehend, v, z und q, dass es sich um die Componente in der v-, z- oder q-Richtung handelt. Ist im Index der Buchstabe t oder τ oder T beigefügt, so bedeutet dies, dass die gesammte Wirkung der durch den übrigen Theil des Zeichens charakterisirten variabeln Kraft in der Zeit t, τ oder T gemeint ist. Ist die Kraft ς constant, so wird natürlich die Gesammtwirkung derselben während einer bestimmten Zeit ϑ einfach durch das Produkt $\varsigma . \vartheta$ ausgedrückt.

So bedeutet z. B., wenn wir die inneren Kräfte mit I bezeichnen, der Ausdruck I_{fnt} die gesammte Wirkung derjenigen inneren Kräfte am Flügel, welche während des Flügelniederschlages niederziehend auf denselben einwirken, I_{fht} die Wirkung der den Flügelhebenden inneren Kräfte während des Niederschlages u. s. w.

a) Der Flügel beim Niederschlag hat zu Anfang und zu Ende die Geschwindigkeit 0 in verticaler Richtung. Die Summe aller verticalen Krafteinwirkungen während des Niederschlages = 0.

Bei der Abwärtsbewegung erzeugt der Flügel mit seiner Unterfläche einen Widerstand W_f, dessen verticale Componente W_{fv} aber nicht einzig und allein von der Abwärtsbewegung des Flügels abhängt. Vielmehr hängt der Widerstand W_f senkrecht zu den gegen die Luft bewegten Oberflächen ab von der Grösse der Fläche F, von der Geschwindigkeit V, mit welcher die Fläche bewegt wird, von dem Winkel α, den die Bewegungsrichtung mit der Fläche bildet und von einem Faktor ζ, der für die Luft vor der Hand von uns als constant angenommen werden kann ($W_f = \zeta . V^2 . \sin^2 \alpha . F.$). Da die Unterflächen des Flügels beim Niederschlag bald pronirt, bald supinirt, bald nach aussen, bald nach innen gewendet sind, so kommt neben der verticalen Bewegung auch die Vorbewegung und die quere Bewegung in Betracht. So kommt es, dass W_f und auch die verticale Componente W_{fv} weder zu Anfang noch zu Ende des Niederschlages = 0 ist.

Am ungünstigsten sind die Verhältnisse zu Ende des Niederschlages, wo an der Spitze selbst die Abwärts- und Vorwärtsbewegung klein, wenn nicht = 0 ist, und die basalen Theile des Flügels zwar rasch vorwärts, aber noch wenig aufwärts und mit

relativ kleinerem Winkel α gegen die Luft gehen. Zu Anfang des Niederschlages dagegen ist die Vorwärtsbewegung der Flügelspitze maximal, und die Basis des Flügels ist schon in Abwärtsbewegung begriffen. Der Winkel α ist überall ein günstiger. Der gesammte W_f also, gleich von Anfang an erheblich gross, steigt allmählich zu einem Maximum, um dann rasch und bis auf kleinen Betrag zu sinken (s. u. Fig. 16).

Abwärts treibend wirkt am Flügel sicher die Schwere, und zwar während der ganzen Zeit, mit gleichmässiger Kraft. Sie würde für sich allein dem Flügel eine Geschwindigkeit $g.t$ verleihen oder eine Bewegungsmenge $\frac{F}{g} \cdot g.t = F.t.$

Wie verhalten sich die inneren Kräfte? Da der verticale Widerstand am Flügel sicher grösser ist als am Rumpf, also eine Oeffnung des Gelenkes an sich bewirken würde, die Schwere an sich an der Stellung zwischen Flügel und Rumpf nichts ändert, thatsächlich aber eine Schliessung des Gelenkes, d. h. eine relative Flügelniederbewegung stattfindet, so müssen zu Anfang des Niederschlages innere Kräfte vorhanden sein, welche den Flügel niederziehen und den Rumpf heben.

Abwärts treibend wirken also zu Anfang die Schwere und die inneren Kräfte I_{fnt}. Anfangs ist die absolute Bewegung des Flügels abwärts eine beschleunigte; daraus folgt, dass die abwärts ziehenden Kräfte über die vertical aufwärts wirkenden Componenten des Widerstandes am Flügel das Uebergewicht haben. In Folge davon erhält der Flügel eine bestimmte Geschwindigkeit abwärts. Diese ist am Schlusse des Niederschlages anullirt; gegen diesen Schluss hin müssen demnach die aufwärts gerichteten Kräfte das Uebergewicht haben. Es fragt sich, wie die Hemmung am Schluss bewerkstelligt wird. Wir sind der Meinung, dass der W_f allein nicht genügt, um den in Abwärtsbewegung begriffenen und von der Schwere immerfort nach abwärts beschleunigten Flügel vollständig aufzuhalten. Es müssen die Niederzieher des Flügels ihre Spannung mässigen oder gänzlich aufgeben, bevor der Flügelschwerpunkt die absolute tiefste Lage erreicht hat, geschweige denn die relativ tiefste Stellung. Zweitens aber müssen statt dessen neue umgekehrt gerichtete Kräfte im Wirksamkeit treten, welche die Abwärtsbewegung des Flügels hemmen; dies kann nur geschehen, indem zwischen Rumpf und Flügel ein Bewegungsaustausch unter Wachrufung innerer Kräfte stattfindet; was der Flügel an Abwärtsbewegung verliert, wird auf den Rumpf

übertragen; um so viel wird der Rumpf in seiner Aufwärtsbewegung gehemmt. Wo diese innere Uebertragung geschieht, kommt zunächst nicht in Frage; es könnte der Flügel bei seiner relativen Niederbewegung entfernt von dem Gelenk durch Weichtheile des Rumpfes gehemmt werden, oder durch die bei einem gewissen Grade der Verlängerung sich mehr und mehr spannenden Hebemuskeln. Sicher aber findet dabei Druck und Gegendruck an der Einlenkungsstelle des Humerus statt. Der Rumpf hat ja eine Aufwärtsbewegung gewonnen, verharrt in derselben, auch wenn die Flügelniederzieher nicht mehr wirken, und reisst die Basis des Flügels, successive auch immer weiter aussen gelegene Theile mit empor.

Zum Schluss des Niederschlages wirken also auf Flügel und Rumpf innere Kräfte umgekehrt wie zu Anfang; sie ziehen den Flügel nach oben. Wir wollen ihre Einwirkung mit I_{fht} bezeichnen, die ganze abwärts treibende Wirkung der inneren Kräfte am Flügel aber mit I_{fnt}.

Alle Kräftewirkungen auf den Flügel während der Dauer des Niederschlages sind zusammen = 0. Wenn wir mit den Buchstabengrössen nur die absoluten Werthe der Einwirkungen bezeichnen, so ist

$$\text{I.} \quad I_{fht} + W_{ft} - F.t - I_{fnt} = 0.$$

b) Der Flügel bei der Hebung. Die Beurtheilung der Widerstände, welche den aufsteigenden Flügel treffen, ist sehr schwierig. Wir sind der Meinung, dass auch noch bei den gross- und langflügeligen, rasch fliegenden Thieren die Spitze des Flügels, wenigstens im Beginn der Hebung, mit der dorsalen Seite voran gegen die Luft geht und also einen abwärts gerichteten W erzeugt. In grösserem Maasse muss dies bei den im Verhältniss rascher mit den Flügeln schlagenden, kleinflügeligen Fliegern der Fall sein. Denn bei diesen muss im allgemeinen die verticale Bewegung des Flügels im Verhältniss zur horizontalen etwas grösser sein, wie schon angedeutet wurde.

Der von der Basis des Flügels an seiner Unterfläche erzeugte Widerstand aber ist im ersten Moment der Flügelhebung noch nicht sehr erheblich. Man muss deshalb für wahrscheinlich halten, dass bei kleinflügeligen Vögeln mit verhältnissmässig raschen Flügelschlägen zu Anfang der Hebung der resultirende Widerstand am Flügel eine abwärts gerichtete verticale Componente hat. Dasselbe gilt auch für gross- und langflügelige Vögel, wenn sie ihre horizontale Geschwindigkeit einschränken (für den Falken

z. B., welcher sich rüttelnd in derselben Höhe und fast an derselben Stelle hält) und auch dann, wenn sie, statt horizontal zu streichen, schräg aufsteigen. Doch gehört diese Bewegung nicht eigentlich in den Kreis unserer Betrachtungen.

Die Schwere wirkt in der Zeit τ am Flügel mit dem Betrag $F.\tau$.

Aus den Verhältnissen des Widerstandes ergiebt sich, dass für den Anfang der relativen und absoluten Hebung des Flügels innere Kräfte mitwirken müssen. Wir bezeichnen ihren Einfluss mit $I_{fh\tau}$. Derselbe wird geringer sein können, wenn ein grosser Widerstand die Unterfläche des Flügels trifft und zur Hebung gegenüber dem Rumpfe beiträgt.

Endlich wird am Schluss der Hebung, wo der Widerstand an der Unterfläche des mehr oder weniger supinirten Flügels den Einfluss der Schwere des Flügels entgegenwirkt, in der Regel eine innere Wirkung und Gegenwirkung derart stattfinden, dass der aufwärts schnellende Flügel nicht durch die Schwere allein in seiner Bewegung aufwärts gehemmt wird, sondern auch von Seiten des Rumpfes. Innere Kräfte, die im Sinne der Niederziehung des Flügels wirken, werden besonders da erheblich sein, wo ein sehr rascher Vollzug der Hebung des Flügels aus andern Gründen geboten ist. Diese Wirkung sei mit $I_{fn\tau}$ bezeichnet. Mit $W_{f\tau}$ sei die resultirende Wirkung des Widerstandes am Flügel bezeichnet, welche aufwärts gerichtet ist. Alle Kraftwirkungen am Flügel sind zusammen für die ganze Hebung = 0.

Demnach erhalten wir folgende Gleichung:

$$\text{II.} \qquad I_{fh\tau} \overset{+}{(-)} W_{f\tau} - F.\tau - I_{fn\tau} = 0.$$

B. Die verticale Einwirkung sämmtlicher Kräfte am Rumpf auf den Rumpfschwerpunkt.

Die Wirkung der Schwere auf den Rumpf in der Zeit t ist gleich $R.t$.

Die verticale Componente des Rumpfwiderstandes ist wohl so gut wie immer aufwärts gerichtet. Die ganze Einwirkung des Rumpfwiderstandes beim Flügelniederschlag = W_{rt}. Die inneren Kräfte am Rumpf sind natürlich die Gegenkräfte zu denen am Flügel, im Anfange des Niederschlages also aufwärts gerichtet (I_{rht} absolut = I_{fnt}); am Ende des Niederschlages ziehen sie den Rumpf abwärts (I_{rnt} absolut = I_{fht}).

Wir haben aber noch zu berücksichtigen, dass in manchen

Fällen der Rumpf zu Anfang des Niederschlages eine Abwärtsgeschwindigkeit c besitzt, welche einer Krafteinwirkung oder einem Bewegungsmoment $R.c$ entspricht, und zu Ende des Niederschlages eine Aufwärtsgeschwindigkeit c_1, entsprechend einer Krafteinwirkung $R.c_1$. Unter dem Einfluss der äusseren und inneren Kräfte am Flügel wird die abwärts gerichtete Bewegung vernichtet und die aufwärts gerichtete erzeugt. Es ist also:

$$\text{III.} \quad I_{rht} + W_{rht} - I_{rnt} - R.t = R.c + R.c_1.$$

In ähnlicher Weise findet man für die Kräfte, die am Rumpfe während der Flügelhebung wirken,

$$\text{IV.} \quad I_{rh\tau} + W_{rh\tau} - I_{rn\tau} - R.\tau = R.c_1, + R.c.$$

Zusammenfassung.

Bezeichnen wir für irgend eine Phase

$$I_{rh} = I_{fn} \text{ mit } I_p, \; I_{rn} = I_{fh} \text{ mit } I_s,$$

so ergeben sich folgende Gleichgewichtsgleichungen:

1) für die Kräfte am Flügel während des Flügelniederschlages

$$I_{st} + W_{fht} - Ft - I_{pt} = 0$$

2) für die Kräfte am Flügel während der Hebung

$$I_{s\tau} + W_{fh\tau} - F.t - I_{s\tau} = 0$$

3) für die Kräfte am Rumpf während des Flügelniederschlages

$$I_{pt} + W_{rht} - I_{st} + R.t = R.c_1 + R.c,$$

4) während der Flügelhebung

$$I_{p\tau} + W_{rh\tau} - I_{s\tau} - R.\tau = R.c_1 + R.c.$$

Sodann ist Gleichgewicht der Kräfte am Flügel während einer ganzen Periode vorhanden, also

$$5) \quad I_{pT} + F.T - I_{sT} - W_{fhT} = 0$$

ebenso am Rumpf, also ist

$$6) \quad I_{sT} + R.T - I_{pT} - W_{rhT} = 0.$$

Natürlich besteht dann also Gleichgewicht aller äusseren Kräfte pro Periode; es ist also

$$F.T + R.T = P.T = W_{rhT} + W_{fhT}$$

$$\text{und } F.T - W_{rhT} = W_{fhT} - R.T.$$

β. Curven dieser Kräfte.

Alle diese Gleichungen geben keinen Aufschluss über die während einer Periode T oder während der Zeiten t und τ vom Ganzen oder vom Rumpf und Flügel zurückgelegten Wege. Sie gelten in ganz derselben Weise nicht bloss für den horizontalen Normalflug, sondern auch für langsames Auf- oder Absteigen mit

regelmässigen Flügelschlägen. Bei steilerer Flugbahn mag diese und jene der zu berücksichtigenden Einwirkungen = 0 oder umgekehrt gerichtet werden.

Glücklicherweise enthalten die aufgestellten Gleichgewichtsgleichungen nicht Alles, was wir über das Wechselspiel der inneren und äusseren Kräfte feststellen können. Es ist unzweifelhaft möglich, vorausgesetzt, dass die Gesetze des Luftwiderstandes im Allgemeinen annähernd bekannt sind, aus der Kenntniss der Form des Apparates und seiner Bewegung, also aus der Kenntniss der Trajectorien seiner Oberflächenpunkte die Curve des Luftwiderstandes einerseits, des Flügelwiderstandes andererseits (der horizontalen Componenten sowohl, als der verticalen) zu construiren — für einen gegebenen Fall von gleichförmiger Bewegung. Die Einwirkung der Schwere auf beide Partialmassen ist natürlich leicht zu ermitteln. Endlich ist dabei auch die Bewegung des gemeinsamen Schwerpunktes und diejenige der Partialschwerpunkte gegeben, sodass sich auch die Curve der resultirenden (horizontalen und verticalen) Einwirkungen auf die Gesammtmasse und auf die Partialmassen muss construiren lassen.

Damit ist alles Nothwendige gegeben, um für jeden einzelnen Moment die Grösse der Einwirkung der inneren Kräfte auf jede der beiden Partialmassen festzustellen. Wir wollen diesen Weg der Untersuchung im Folgenden für den horizontalen normalen Flug und zwar zunächst für die verticalen Kräfte und Bewegungen betreten. Es liefern zwar unsere Untersuchungen über die Form der Bewegung noch keine vollständig genauen und sicheren Anhaltspunkte zur Bestimmung der Widerstandscurven. Mag aber auch in unseren Voraussetzungen Manches irrig sein, die Hauptsache ist, dass gezeigt wird, wie die so mühevollen Untersuchungen über die Form der Bewegung verwerthet werden können.

A. Die auf den Flügel wirkenden verticalen Kräfte in ihrer Abänderung nach der Zeit.

In den folgenden Figuren 16 und 17 sind die Kräfte durch verticale Distanzen (Ordinaten), die Zeiten durch horizontale Distanzen (Abscissen), die Aenderungen der Kräfte durch Curven, die Einwirkungen der Kräfte in bestimmter Zeit durch Kräftefelder dargestellt (s. S. 182).

Die horizontale Distanz t entspricht der Zeit des Flügelniederschlages (Niederbewegung des Flügelschwerpunktes), die Distanz τ der Flügelhebung.

In Fig. 16 ist *abcdefgh* die Curve des vertical nach oben gerichteten Widerstandes am Flügel. Die zugehörige Abscissenaxe ist x-X. Wir haben angenommen, dass in der ersten Hälfte der Flügelhebung der ganze Flügelwiderstand eine Zeit lang resultirend nach oben wirke (von d bis f), indem die schädlichen Widerstände an der oberen Seite des Flügelendes über die nützlichen an der Flügelbasis überwiegen. Am Ende der Hebung gewinnt der nützliche verticale Widerstand einen positiven Werth, indem er resultirend nach oben gerichtet ist. Er ist zu Anfang der Flügelsenkung schon erheblich, erreicht in der zweiten Hälfte derselben seinen maximalen Werth und ist am Ende der Senkung fast $= 0$.

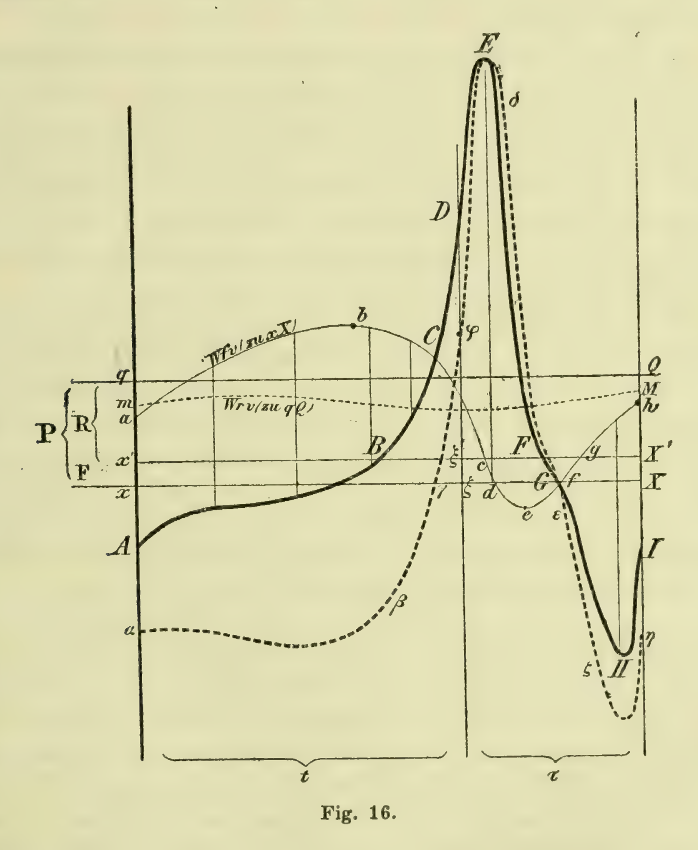


Fig. 16.

Die ganze (aufwärts gerichtete) Einwirkung des Flügelwiderstandes in einer Periode wird gemessen durch das Kräftefeld $xabcdx + fghXf - defd$. Dieses Feld muss zusammen mit

dem Kräftefeld des aufwärts gerichteten Rumpfwiderstandes dem Kräftefeld der abwärts wirkenden Schwere des ganzen Systems gleich sein. Ziehen wir nun über xX Parallelen zu dieser Axe in den Abständen $xq = P$ und $xx' = F$, $(x'q = R)$, dann ist das Kräftefeld der Schwere $= xqQXx$. Der Rumpfwiderstand W_{rv} wird gemessen durch den Abstand der fein punktirten Curve *mm* von qQ. Was von der Einwirkung (oder vom Kräftefeld) der Schwere nicht durch den Rumpfwiderstand anullirt wird, muss durch den Flügelwiderstand im Gleichgewicht gehalten werden. Die Einwirkung des letzteren, welcher durch den Abstand der Curve *abcd*... über xX gemessen wird, muss also dem Felde zwischen *mm* und xX gleich sein, was in unserer Figur ziemlich genau der Fall ist.

Die durch den Abstand der Curve *mm* von qQ dargestellten, auf den Rumpf wirkenden resultirenden verticalen Widerstände sind überall als positiv, d. h. als nach oben gerichtet, angenommen, am grössten für den Beginn der Flügelhebung, wo der Rumpf die grösste Horizontalgeschwindigkeit hat, am kleinsten kurz vor der Mitte des Niederschlages, wo die Horizontalgeschwindigkeit erschöpft ist und der Rumpf aus der absteigenden Bewegung in die aufsteigende übergeht.

Betrachten wir nun die Kräfte am Flügel für sich, so kommt neben der aufwärts gerichteten Wirkung des Flügelwiderstandes die abwärts gerichtete Wirkung des Flügelgewichtes zunächst in Betracht. Letztere ist durch das Kräftefeld $xx'X^1Xx$ gemessen. Flügelwiderstand und Flügelgewicht zusammen werden natürlich gemessen durch (*abc*....*h* zu xX) — $xx'X'Xx$ oder durch *abc*...*h* zu $x'X^1$. Die resultirende Bewegungsänderung des Flügelschwerpunktes hängt ausser von diesen Kräften nur noch ab von der Einwirkung der inneren Kräfte am Flügel.

Wenn die Form der Bewegung bekannt ist, so muss sich beurtheilen lassen, wie gross in jeder Phase die nothwendige resultirende verticale Beschleunigung des Flügelschwerpunktes ist. Wir haben dies in Fig. 16 durch den Abstand der Curve *ABC*....*I* von $x'X'$ dargestellt. Die unserem Beispiel zu Grunde liegenden Verhältnisse mögen ungefähr realisirt sein bei einem Thier von dem Gewichte einer Taube, aber einem mehr mövenartigen Bau, so dass der Rumpf relativ leichter ist und die Rumpfoscillationen mehr ins Gewicht fallen. (Bei grösseren Thieren mit selteneren Flügelschlägen würde der mittlere Abstand der Curve *ABC* . . . *I* von $x'X'$ im Verhältniss zu

dem Abstand xx' etc. kleiner sein müssen). Zu Beginn und zu Ende des Niederschlages und der Hebung ist die Geschwindigkeit des Flügelschwerpunktes = 0. Beim Niederschlage muss also zunächst eine resultirende abwärts treibende Wirkung stattfinden, dann eine Hemmung der Abwärtsbewegung. Die resultirend beim Niederschlag erworbene Geschwindigkeit muss = 0 sein. Daraus folgt, dass das Kräftefeld ABx^1A dem Kräftefeld $BCD\xi'B$ absolut gleich, dem Sinn nach entgegengesetzt sein muss. Aehnliches gilt für die resultirende Wirkung auf den Flügel bei der Hebung. Hier ist die resultirende Wirkung zuerst aufwärts, dann abwärts gerichtet. Das Kräftefeld $\xi'DEF\xi'$ muss absolut = $FGHIX'F$ sein.

Diesen Anforderungen genügt unsere Curve $AB \ldots I$. Ausserdem aber muss dieselbe noch anderen Postulaten gerecht werden.

Es muss zweitens der pro Periode vom Flügelschwerpunkt zurückgelegte Weg = 0 sein, und zwar muss dies in der Weise erreicht werden, dass der bei dem Niederschlag nach unten durchmessene Weg dem bei der Hebung in der umgekehrten Richtung durchmessenen gleich ist. Construirt man die Wegkörper nach den in der Einleitung auseinandergesetzten Grundsätzen, so wird man zunächst erkennen, dass der in der ganzen Periode durchmessene Weg wirklich bei der gewählten Form der Curve $ABC \ldots I$ annähernd = 0 sein wird. Da nun bei der Hebung in kürzerer Zeit derselbe Weg zurückgelegt wird wie beim Niederschlag, so muss die mittlere und maximale Geschwindigkeit bei der Hebung grösser sein wie beim Niederschlag, was ja auch durch Beobachtung und Registrirversuche bestätigt wird. Die maximale Geschwindigkeit ist in unserem Beispiel vorhanden in dem Augenblick, wo die Abwärts- oder Aufwärtsbeschleunigung = 0 geworden ist und die Einwirkung einer entgegengesetzt gerichteten Kraft beginnt, also bei B und F. Das seit dem Beginn des Niederschlages resp. der Hebung erzeugte resultirende Kräftefeld ist ein Mass für die bis jetzt erlangte Geschwindigkeit; es muss also absolut $ABx'A$ erheblich kleiner sein als $\xi'DEF\xi'$. Auch diesem Umstand ist in unserem Diagramm Rechnung getragen.

Es ist nun leicht zu ermitteln, welche Kraft in irgend einem Moment zu der Einwirkung der Schwere und derjenigen des Luftwiderstandes noch hinzukommen muss, damit die resultirende Einwirkung der in der Curve $ABCDEF$ dargestellten wirklich entspricht. Diese Kraft wird jeweilen durch den verticalen Abstand der Curve $ABCDE$ von der Curve $abcdefgh$ dargestellt; wo die

erstere unter der letzteren liegt muss die Kraft abwärts gerichtet sein, wo das Umgekehrte stattfindet, muss sie aufwärts wirken. Der Abstand der Curve $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta\eta$ von der Abscissenaxe xX ist jeweilen dieser Differenz gleich gesetzt; es ist deshalb die letztgenannte Curve die Curve der inneren verticalen, auf den Flügel einwirkenden Kräfte; denn keine anderen als innere Kräfte können die äusseren Kräfte in der postulirten Weise ergänzen. $(ABCbaA + GHIhgG)$ oder $(x\alpha\beta\gamma x + \varepsilon\zeta\eta X\varepsilon)$ sind die Kräftefelder, welche das Mass der abwärts ziehenden Wirkung der inneren Kräfte auf den Flügel geben, das Kräftefeld $CDEFGedcC$ oder $\gamma\delta\varepsilon\gamma$ misst die aufwärts gerichtete Einwirkung der inneren Kräfte auf den Flügel zu Ende der Flügelsenkung und zu Anfang der Flügelhebung.

$$x\alpha\beta\gamma x = I_{fnt}$$
$$\gamma\xi\varphi\gamma = I_{fht}$$
$$\xi\varphi\delta\varepsilon\xi = I_{fh\tau}$$
$$\varepsilon\zeta\eta\chi\varepsilon = I_{fn\tau}.$$

B. Die auf den Rumpf einwirkenden verticalen Kräfte (Fig. 17).

mM zu qQ in Fig. 17 ist die Curve verticalen Luftwiderstandes W_{rv} am Rumpf; qQ zu $x'X'$ zeigt die Wirkung des Rumpfgewichtes, mM zu $x'X'$ die resultirende, abwärts gerichtete Einwirkung der Schwere und des Luftwiderstandes auf den Rumpf. Die inneren Kräfte am Rumpf sind jeder Zeit absolut gleich, aber entgegengesetzt gerichtet, wie die inneren Kräfte am Flügel, ihre Wirkung wird durch die Curve $\alpha\beta\gamma\ldots\eta$ zu x'-X' dargestellt.

Alle diese Verhältnisse sind genau nach dem für Fig. 16 gebrauchten Massstab dargestellt. Es ergiebt sich dann als Curve der resultirenden verticalen Einwirkungen auf den Rumpfschwerpunkt die Curve $ABCDE\ldots I$ mit der Linie $x'X'$ als Abscisse. Ihre Ordinaten entsprechen jederzeit den Abständen der beiden Curven $\alpha\beta\gamma\ldots\eta$ und mM. Auch diese Curve muss einer ganzen Reihe von Bedingungen genügen. Der pro Periode vom Rumpf in verticaler Richtung zurückgelegte Weg muss resultirend $= 0$ sein. Ferner muss der vom Rumpf aufsteigend durchmessene Weg dem beim Sinken von ihm durchmessenen gleich sein. Der tiefste Stand des Rumpfes wird in der ersten Hälfte des Niederschlages (bei $Rtstd$ Fig. 17), der höchste Stand in der ersten Hälfte der Flügelhebung (bei $Rhstd$) angenommen werden müssen.

Allen diesen Anforderungen genügt unsere Curve $ABC\ldots I$

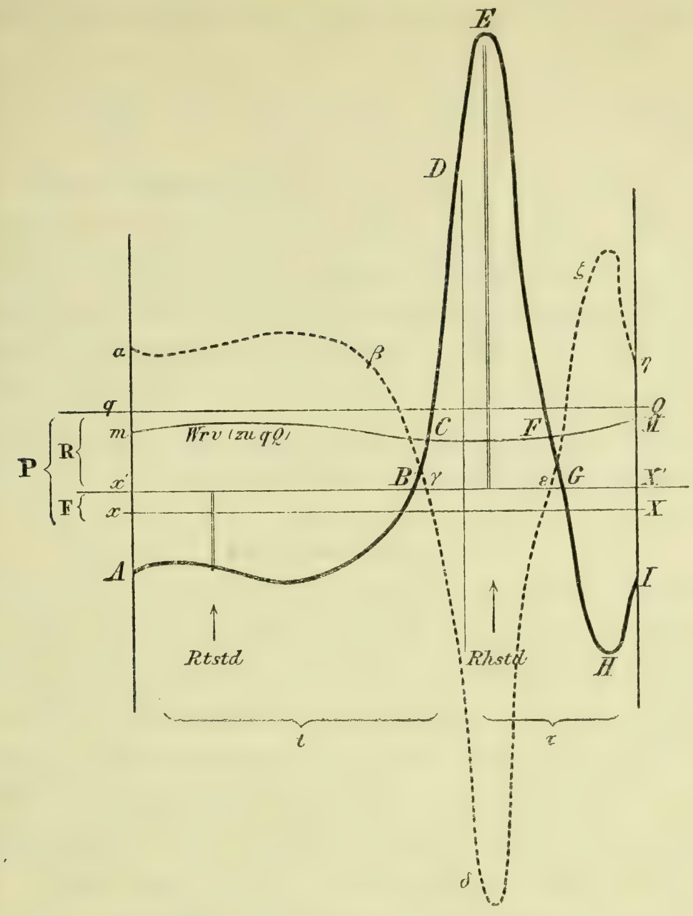


Fig. 17.

in erfreulicher Weise. Berücksichtigt man ferner, dass der Rumpf 3½—4 mal schwerer angenommen wurde als der Flügel, und dass die Curve der resultirenden Kräfte an Rumpf und Flügel in unserem Beispiel einander ziemlich ähnlich sind, so ergiebt sich eine ca. 3½—4 mal geringere verticale Excursion des Rumpfschwerpunktes im Vergleich zu der des Flügelschwerpunktes, oder eine ca. 11 mal geringere im Vergleich zur Flügelspitze. Solches ist bei einem Vogel von verhältnissmässig leichtem Rumpf nichts Absurdes.

Die unseren Curventafeln zu Grunde gelegten Voraussetzungen sind also unter sich in guter Harmonie und können sehr wohl

bei irgend einem bestimmten Flugthier annähernd genau realisirt sein. Wir können demnach auch diese Curventafeln dazu benutzen, um darzuthun, dass bei der Abänderung von irgend einem der verschiedenen Factoren alle andern sich ebenfalls ändern müssen.

Man stelle sich z. B. vor, dass die hebende Wirkung des Luftwiderstandes am Flügel aus irgend einem Grunde, etwa in Folge einer grösseren horizontalen Geschwindigkeit des Ganzen, oder wegen einer grösseren Unterfläche des Rumpfes wächst, so kann der verticale Luftwiderstand am Flügel entsprechend kleiner sein; dann müssen auch die Curven *ABCDE* und $\alpha\beta\gamma\ \delta\varepsilon\zeta\eta$ in Fig. 16 sich ändern, die resultirende Bewegung des Flügels und die Wirkungsweise der inneren Kräfte muss eine andere sein. Dies nur als Beispiel. Wir werden später in mehr systematischer Weise diese Untersuchungen fortsetzen.

C. Horizontale Kräfte.

Aehnliche Gleichgewichtsgleichungen der Kräfte und ähnliche Curventafeln wie für die verticalen Kräfte müssen sich auch für die horizontalen Kräfte aufstellen lassen; die Schwere wird dabei ausser Betracht fallen. Dagegen müssen die rückwärts gerichteten Componenten der Widerstände als schädliche von den vorwärts gerichteten als nützlichen scharf auseinander gehalten werden. Erstere übernehmen gleichsam mit Bezug auf die horizontale Locomotion die Rolle des zu bekämpfenden Einflusses, den bei der verticalen Locomotion die Schwere spielt. Da diese Einflüsse von Moment zu Moment wechseln, so wird dadurch die Aufgabe etwas complicirter; immerhin aber gelingt ihre Lösung auf dem angedeuteten Wege, sobald die Form der Maschine und ihrer Bewegung und die äusseren horizontalen Widerstände bekannt sind.

Wir gehen aber auf dieses Problem einstweilen nicht weiter ein, wenden uns vielmehr einer ganz neuen Aufgabe zu.

γ. Die Einzelwirkungen der inneren Kräfte zwischen Rumpf und Flügel.

A. Allgemeines.

Es gilt zu ermitteln, an welchen Stellen des Apparates und in welcher Weise die inneren Kräfte entwickelt und wie weit dabei

die Muskeln in Anspruch genommen werden. Diese Fragen sind es ja, an deren Lösung uns am allermeisten gelegen ist.

Die beiden Flügel sind mit dem Rumpf durch Gelenke verbunden, welche im Wesentlichen nur eine drehende Bewegung der Flügel gegenüber dem Rumpfe gestatten, allerdings eine Drehung in jeder beliebigen Richtung. Annähernd ein und derselbe Punkt des proximalen Humerus-Endes bleibt dabei stets in derselben Lage gegenüber dem Rumpf, so dass man fürs erste ohne grossen Fehler annehmen kann, der Flügel sei um diesen einen Punkt, der nahe aussen an der Pfanne des Schultergelenkes gelegen ist, in jeder beliebigen Richtung drehbar. Für jeden kleinsten Moment der Drehung ändert dann, wie sich leicht beweisen lässt, nicht bloss der eine materielle Punkt des Flügels, der mit dem Drehungsmittelpunkt zusammenfällt, seine Lage zum Rumpfe nicht, sondern dasselbe gilt für eine ganze gradlinige Reihe von Punkten, welche in einer bestimmten, durch den Drehungsmittelpunkt gehenden geraden Linie liegen (instantane Drehungsaxe). Die instantane Axe kann freilich von Moment zu Moment ihre Lage zum Rumpf und zum Flügel ändern.

Es handelt sich also um das sehr schwierige Problem der Bewegung zweier in einem einzigen Punkte drehbar verbundener starrer Partialmassen; es gilt, aus den vorhandenen Kräften die davon abhängige Beschleunigung der verschiedensten Theile des Systems beurtheilen zu lernen, oder aus der bekannten Bewegungsänderung auf die dabei betheiligten Kräfte zu schliessen. Eine solche Disposition des Apparates kehrt bei den verschiedensten Formen der thierischen Locomotion wieder, so dass die Behandlung der vorliegenden Aufgabe von allgemeinerem Interesse sein dürfte.

1. Aeussere Kräfte am Flügel.

Durch irgend eine äussere Kraft k am Flügel, welche hinsichtlich ihrer Grösse, der Richtungslinie und des Sinnes ihrer Einwirkung bekannt ist, und durch den Drehpunkt o des Flügels lässt sich eine Ebene legen, welche als Kraftebene von k oder mit ok bezeichnet werden kann. Diese Kraftebene braucht im Allgemeinen nicht den Schwerpunkt d des Flügels zu treffen. Die gerade Verbindungslinie des Drehpunktes mit dem Schwerpunkt s werde als Hebelarm der Schwere, sie und ihre Verlängerung werde als Längslinie des Flügels bezeichnet. Durch die Längslinie lässt

sich im Allgemeinen eine einzige Ebene senkrecht zur Kraftebene legen. (*oesε μmo* unserer Figur 18).

Man kann sich nun den Angriffspunkt der Kraft *k* in ihrer eigenen Richtung bis in die Schnittlinie der Kraftebene mit der zu ihr senkrechten Längsebene des Flügels verlegt denken, bis in den Punkt *m* unserer Figur, und weiterhin die Kraft *k* nach der Richtung dieser Schnittlinie *om* und der zu ihr senkrecht stehenden Richtung der Kraftebene rechtwinklig zerlegt denken. Die Richtung der ersten Componente (jene Schnittlinie) kann als Seitenlinie eines um die Längsaxe des Flügels durch die Linie *om* gelegten Kegelmantels betrachtet werden, die zweite Componente liegt in der durch *m* gelegten Basisfläche des Kegels, welche die Längslinie im Punkte *e* trifft und steht nicht bloss zu *mo*, sondern auch zu *me* senkrecht, tangirt also die kreisförmige Basis im Punkte *m*; *me* stellt die kürzeste Entfernung der Kraftrichtung *k* von der Längslinie des Flügels dar.

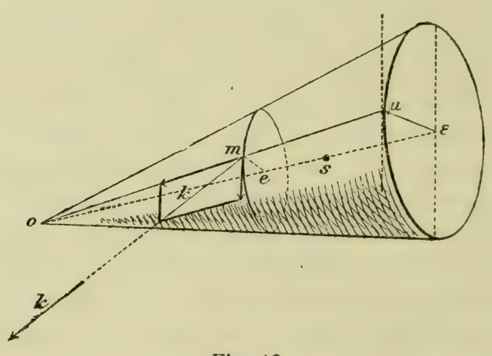


Fig. 18.

Die erstgenannte Componente von *k* soll als *o*-Radialcomponente k_{or}, die zweite als *m*-Tangentialcomponente k_{mtg} bezeichnet werden.

Man denke sich nun die Kegelfläche durch *om* um die Flügellängslinie fortgesetzt bis zu einer zweiten Ebene, welche senkrecht zur Flügellängslinie durch einen bestimmten Punkt *ε*, dessen Bedeutung bald genauer definirt werden soll, verläuft. Letztgenannte Ebene soll als die *ε* Tangentenebene bezeichnet werden, weil sie die um *o* durch den Punkt *ε* gelegte Kugelfläche in *ε* tangirt.

Die Verlängerung der Seitenlinie *om* des Kegels trifft diese zweite Basisfläche im Punkte *μ*. Man kann nun die Componente k_{mtg} ersetzen durch zwei parallele Kräfte in *o* und in *μ*, die man

als o-Seitenkraft und μ-Tangentialcomponente von k oder mit k_{os} und $k_{\mu tg}$ bezeichnen kann.

$k_{\mu tg}$ wirkt dann in der Schnittlinie der Kraftebene von k mit der ε Tangentenebene, und der Punkt μ ist derjenige Punkt dieser Kraftrichtung, welcher ε zunächst liegt.

$$\text{Es ist dann: } k_{os} + k_{\mu tg} = k_{mtg} \, . \qquad 1)$$

$$\left.\begin{aligned} \text{und } k_{mtg} \, . \, \overline{om} &= k_{\mu tg} \, . \, \overline{o\mu} \\ \text{oder } k_{mtg} \, . \, \overline{oe} &= k_{\mu tg} \, . \, o\varepsilon \end{aligned}\right\} 2)$$

Endlich ändert man an den Verhältnissen nichts, indem man im Punkte ε parallel der Kraftrichtung $k_{\mu tg}$, oder also parallel k_{mtg} und senkrecht zu $\overline{o\varepsilon}$ 2 Kräfte hinzugefügt, von denen eine nach Grösse und Sinn der Einwirkung $= k_{\mu tg}$, die andre $= - k_{\mu tg}$ ist.

1) Letztere stellt zusammen mit $k_{\mu tg}$ in μ eine Drehkraft dar, welche den Flügel um seine Längsaxe mit dem Moment $k_{\mu tg} \, . \, \overline{\mu\varepsilon} = k_{mtg} \, . \, \overline{me}$ zu drehen strebt. Die daneben noch übrig bleibenden Wirkungen der Kraft k sind

2) eine Componente in ε parallel der Kraftebene und senkrecht zur Flügellängslinie. Nach Grösse, Richtung und Sinn der Einwirkung ist diese Componente

$$k_\varepsilon = k_{\mu tg} = k_{mtg} . \frac{\overline{oe}}{o\varepsilon} = k_{mtg} . \frac{l}{\lambda} \text{ wenn } \overline{oe} = l \text{ und } \overline{o\varepsilon} = \lambda$$

3) die o . Seitenkraft $k_{os} = k_{mtg} \dfrac{\overline{o\varepsilon}}{e\varepsilon} = k_{mtg} \dfrac{\lambda - l}{\lambda}$

4) die o-Radialcomponente von $k = k_{or}$.

Man hätte zu demselben Resultate auch gelangen können, wenn man zu der Componente k_{or} und k_{mtg} zwei Kräfte parallel k_{mtg} im Punkte e hinzugefügt hätte, die eine $= - k_{mtg}$, welche mit k_{mtg} in m eine Drehkraft darstellt, welche den Flügel um seine Längslinie dreht, und eine zweite Kraft $= k_{mtg}$ in e, welche senkrecht zur Flügellängslinie wirkt. Wirklich lässt sich diese letztereKraft in e durch zwei parallele Kräfte in o und e ersetzen, welche $= k_{os}$ und $= k_{\mu tg}$ sind.

Man ist vielfach der Meinung, dass eine Kraft, welche senkrecht zur Längslinie eines Hebelarmes wirkt, nur dazu dient, den Hebelarm um sein Hypomochlion, sagen wir um einen bestimmten Drehpunkt o zu drehen, auf den Drehpunkt selbst, aber auf das Achsenlager in keiner Weise einwirke. Diese Annahme aber ist im Allgemeinen eine irrige.

Es giebt nur einen einzigen Punkt in der Längslinie des

Flügels, an dem eine gleichgerichtete Kraft einwirken kann, ohne dem Punkte o für die erste kurze Zeit der Wirkung eine Beschleunigung zu ertheilen. Dieser Punkt ε ist jedenfalls distal vom Schwerpunkt gelegen ist. Eine nicht gegen den Schwerpunkt gerichtete Kraft ertheilt nämlich einmal dem Schwerpunkt eine Beschleunigung, als ob sie in gleicher Grösse und Richtung auf die in ihm concentrirt gedachte Masse einwirkte, ausserdem aber ertheilt sie dem Ganzen eine bestimmte Drehbeschleunigung um den Schwerpunkt. Eine Kraft muss also senkrecht gegen die Längslinie des Flügels gerichtet sein und in ganz bestimmter Entfernung distal vom Schwerpunkt angreifen, damit in einer bestimmten sehr kurzen Zeit der Punkt o des Flügels in Folge der translatorischen Verschiebung des Ganzen mit dem Schwerpunkte gerade um so viel in der Richtung der Kraft beschleunigt werde, als durch die Drehung um den Schwerpunkt in der entgegengesetzten Richtung. Und zwar ist die Lage dieses Punktes ε in der Längslinie des Flügels im Allgemeinen für die verschiedenen Kräfte, welche um verschiedene senkrecht zur Flügellängslinie gerichtete Axen zu drehen streben, eine verschiedene.

Sie berechnet sich für irgend eine senkrecht zur Flügellängslinie wirkende Kraft k folgendermassen. (Fig. 19).

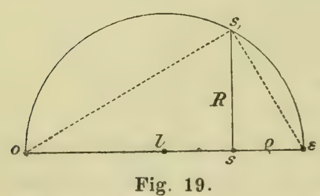


Fig. 19.

M sei die Masse des Flügels, s der Schwerpunkt, os der Schwerpunktshalbmesser $= l$, die Bildfläche der Fig. 19 entspreche der Kraftebene, so dass die Drehung, welche die Kraft k dem Flügel an sich ertheilen würde, wenn er vollständig frei wäre, um eine Schwerpunktsaxe stattfinden müsste, welche senkrecht zur Bildfläche durch den Punkt s geht; der Trägheitshalbmesser für diese Drehung parallel der Bildfläche um den Punkt s sei $= R$, das zugehörige Trägheitsmoment $= MR_2$, so ist das Trägheitsmoment für die Drehung parallel der Bildfläche um den Punkt $o = M \cdot R^2 + M \cdot l^2$ $= M\,(R + l^2)$.

Wenn der Punkt ε, in welchem die Kraft k angreift, wirklich den oben aufgestellten Postulaten genügen soll, und wenn der Abstand des Punktes ε von s mit ϱ bezeichnet wird, so muss $\frac{k}{M}$, d. h. die Bewegung des Punktes o mit dem Schwerpunkt,

$= \frac{k \cdot \varrho}{MR^2} \cdot l$ sein, d. h. gleich der umgekehrt gerichteten Bewegung von o in Folge der Drehung des Flügels um den Schwerpunkt, oder $\frac{k}{M} = \frac{k \cdot \varrho \cdot l \cdot}{M \cdot R^2}$; es muss also $\varrho \cdot l = R^2$ sein.

Wenn man also in der Bildfläche in s senkrecht zu os den Trägheitshalbmesser für die in Rede stehende Drehung um s errichtet, so liegt der Gipfelpunkt s^1 dieses Trägheitshalbmessers mit o und ε in demselben Halbkreis über $o\varepsilon$.

Dieser Punkt ε stimmt, wenn ich nicht irre, mit dem überein, was man in der Mechanik als Percussionscentrum bezeichnet. Wir dürfen ohne grossen Fehler annehmen, dass dieser Punkt ε für ein und dieselbe, z. B. die maximal ausgespannte Form des Flügels dieselbe Lage in der Flügellängslinie habe, möge die Längsebene, in welcher die Kraft k wirkt, so oder anders, parallel der Flügelfläche oder senkrecht oder schräg zu derselben gerichtet sein. Mit der Einziehung des Flügels ändert sich natürlich die Entfernung ϱ des Punktes ε von s und die Entfernung vom Drehpunkt o; letztere soll in Zukunft mit λ bezeichnet werden ($\lambda = l + \varrho$).

Nach dem soeben Erörterten wird man den Zweck der oben von uns angegebenen Zerlegung der äusseren Kraft k verstehen.

Zusammenfassung.

Man bestimmt die 2 Punkte m und e der Kraftrichtung und der Flügellängslinie, welche den geringsten Abstand von einander haben, verlegt den Angriffspunkt der Kraft k nach m und zerlegt sie nach der Richtung mo und der dazu senkrecht stehenden der Kraftebene in die Componenten k_{or} und k_{mtg}.

k_{mtg} wird ersetzt durch 2 parallele Kräfte in o und in der Schnittlinie der Kraftebene mit der ε Tangentenebene, also durch k_{os} und $k_{\mu tg}$.

$k_{\mu tg}$ wird ersetzt:

1) durch ein Kräftepaar in einer zur Flügellängslinie senkrecht gerichteten, also der ε-Tangentenebene parallelen Ebene, welche die Bewegung der Punkte der Flügellängslinie nicht ändert und dessen Moment $= k_{\mu tg} \cdot \mu\varepsilon = k_{mtg} \cdot me$ ist.

2) durch eine Kraft k_ε parallel der Schnittlinie der Kraftebene $_ok$ mit der ε-Tangentenebene, gleich gross und gleichgerichtet wie $k_{\mu tg}$, oder $= k_{mtg} \frac{\overline{oe}}{\overline{o\varepsilon}}$

Diese Kraft dreht den Flügel parallel der durch ihre Richtung und den Punkt o gelegten Ebene um o, ohne den Bewegungszustand von o zu ändern, mit dem Moment $k_{mtg} \cdot \overline{oe}$.

Wirken von Seite des Rumpfes auf den Flügel durch den Gelenkpunkt o Kräfte ein, welche gerade 1) der o-Radialkraft k_{or} 2) der o-Seitenkraft $k_{os} = k_{mtg} \cdot \frac{\overline{oe}}{\overline{e\varepsilon}}$ das Gleichgewicht halten, so erfährt der Punkt o durchaus keine Beschleunigung; die ganze Beschleunigung des Flügels hängt nur ab von $k_{\mu tg}$ in μ, die Beschleunigung des Flügelschwerpunktes aber einzig und allein von der Componente k_ε. Sie ist dann so gross, als ob die Kraft k_ε direkt in gleicher Grösse und Richtung auf die im Flügelschwerpunkt s concentrirt gedachte Flügelmasse einwirkte.

Es sei noch bemerkt, dass die o-Seitenkraft k_{os} gleichgerichtet ist wie k_{mtg}, wenn e zwischen o und ε liegt, umgekehrt gerichtet, wenn e distal von ε liegt, und dass sie in beiden Fällen kleiner ist als k_{mtg}. $k_{\mu tg}$ dagegen ist ebenfalls kleiner als k_{mtg} im ersten Falle, grösser im zweiten, unter allen Umständen aber wirkt diese Componente im gleichen Sinne wie k_{mtg}.

In Zukunft werden wir der Vereinfachung halber folgende Bezeichnungen anwenden.

Die Drehbewegung des Flügels um die Flügellängslinie soll als Längsrollung oder Rotatio (in analogem Sinn ist das Wort nun einmal in der menschlichen Anatomie gebräuchlich) bezeichnet werden, ferner die quer zur Flügellängslinie durch o gehenden Axen als o-Transversalaxen des Flügels, die Drehung des Flügels um irgend eine solche Axe als eine Radiusbewegung.

2. Wirkung der inneren Kräfte, welche entfernt von o liegen.

Bei der Zerlegung der Wirkung innerer Kräfte handelt es sich ebenfalls darum, zu ermitteln, wie gross die reine Beschleunigung des Flügelschwerpunktes ist, und wie gross derjenige Theil der am Flügel wirkenden Kraft, dem in o vom Rumpfe aus kann Gleichgewicht gehalten werden. Wir bezeichnen die Wirkung dieser inneren Kraft auf den Flügel mit p, diejenige auf den Rumpf der Kraft mit $-p$. Im Uebrigen wählen wir dieselbe Art der Zerlegung und dieselben Ortsbezeichnungen wie vorhin, verlegen also p bis in den Punkt m der Linie, in welcher die Kraftebene

und die senkrecht dazu gerichtete Schwerpunktsebene sich schneiden, nehmen also an, der Punkt m sei ein starr mit dem Flügel verbundener Punkt des Raumes.

Wir wollen uns ferner denken, mit diesem Punkte m falle ein dem Rumpf zugehöriger, mit diesem starr verbundener Punkt zusammen, und es sei auf letzteren unter Beibehaltung der Richtungslinie, auch den Angriff der Rumpfkraft $-p$ verlegt. Im Punkte m werden also gleichsam 2 zusammenfallende Punkte von Rumpf und Flügel durch eine innere Kraft in der Richtung p und $-p$ auseinander getrieben.

Man zerlege wieder die Wirkung nach der Richtung mo und der dazu senkrechten Richtung der inneren Kraftebene. Man bekommt eine Componente p_{or} der innern Kraft am Flügel und eine entgegengesetzt gerichtete gleich grosse Componente der innern Kraft am Rumpfe $-p_{or}$. Beide wirken in derselben Linie om durch den Gelenkpunkt und heben sich also an der Gelenkverbindung gegenseitig auf, d. h. sie drücken Rumpf und Flügel am Gelenk gegeneinander oder ziehen sie auseinander, bis die dadurch wachgerufenen, ebenfalls in der Richtung om wirkenden Widerstände an dem Gelenk ihnen wechselseitig das Gleichgewicht halten. Dabei kommt keine merkliche Bewegung zu Stande.

Man bekommt zweitens bei dieser Zerlegung eine Componente p_{mtg}, und eine Gegenkraft $-p_{mtg}$ die man wieder je durch 2, durch o und μ gerichtete Parallelkräfte ersetzt.

Die beiden Componenten durch o, p_{os} und die entsprechende Gegenkraft heben sich wieder gegenseitig auf unter Wachrufung neuer passiver Winderstandskräfte der Gelenkverbindung. Es bleibt noch die Kraft $p_{\mu tg}$ $\left(= p_{mtg} \cdot \frac{\overline{oe}}{\overline{o\varepsilon}}\right)$ und ihre Gegenkraft, welche in der Linie wirken, in welcher sich die Kraftebene mit der durch ε senkrecht zur Flügellängslinie gelegten Ebene (oder mit der sog. ε-Tangentenebene, welche die durch ε um o gelegte Kugelfläche in ε tangirt) schneidet; die Wirkung von $p_{\mu tg}$ auf den Flügel ist dann:

1) eine Drehungswirkung um die Längslinie, deren Moment

$$= p_{\mu tg} \cdot \mu\varepsilon = p_{mtg} \; \overline{me}$$

2) eine Drehungseinwirkung, entsprechend einer Kraft $p\varepsilon$, welche parallel zu p_{mtg} und mit gleicher Grösse auf ε einwirkt.

Das Moment dieser Drehung $= p_{mtg} \cdot \overline{oe}$.

Zu diesen Einwirkungen auf den Flügel, durch welche der Bewegungszustand von o nicht beeinflusst wird, gehört dann also eine Gegenwirkung auf den Rumpf $= - p_{\mu tg}$ in der Schnittlinie der Kraftebene mit der ε-Tangentenebene. Diese Kraft an sich würde natürlich im Allgemeinen vom Rumpfe aus den Bewegungszustand von o beeinflussen.

3. Innere Kräfte, welche durch den Drehpunkt o wirken (Gelenkaxenkräfte).

a) Solche Kräfte werden erstens passiv durch die Wirkung der inneren Gelenkdrehkräfte wachgerufen, sofern die Richtung der letzteren nicht mit der ε Tangentenebene zusammenfällt. Sie halten den durch o wirkenden Componenten dieser Kräfte das Gleichgewicht s. o. Sie können mit diesen zusammen vernachlässigt werden. Höchstens kommt in Betracht, dass der Druck der Gelenkflächen gegeneinander und damit die Reibung um so grösser wird, je kleiner die Entfernung der inneren Kraftrichtung vom Drehpunkt o im Vergleich zum Abstand $o\varepsilon$ ist.

Diese inneren Gelenkaxenkräfte sammt den sie hervorrufenden Componenten der inneren Gelenkdrehkräfte gehen also sowohl für die Beschleunigung des Rumpfes als auch für diejenige des Flügels verloren.

b) Die äusseren Kräfte am Flügel lassen sich jeweilen ersetzen durch eine Kraft, welche dem Flügel eine Drehbewegung um eine o Axe ertheilt, den Punkt o also nicht beeinflusst ($k\varepsilon$ und die Drehkraft um die Flügellängslinie) und durch eine zweite Kraft (Resultirende von k_{or} und k_{os} s. o.), welche durch den Drehpunkt o wirkt. Wäre das Gelenkende des Flügels in dem betreffenden Moment in seiner Bewegung nicht gehemmt, so würde die letztgenannte Kraft auf den Punkt o und nach bestimmtem Gesetze auch auf die übrigen Theile des Flügels und also auch auf den Schwerpunkt desselben beschleunigend einwirken. Wirkt aber von Seite des Rumpfes eine Kraft auf den Flügel ein, welche bewirkt, dass trotz der äusseren Kraft k am Flügel der Punkt o seinen Bewegungszustand nicht ändert, so geht die ganze Gelenkaxencomponente k_o der äusseren Kraft k am Flügel für die Bewegung des letzteren verloren, indem eine solche Kraft vom Rumpf aus nothwendig mit derselben Grösse, in derselben Geraden durch o, aber im umgekehrten Sinne wie ko wirken muss. Es handelt sich in Wirklichkeit dabei um einen Bewegungsaustausch von Theil-

chen zu Theilchen bis zum Punkte o und von da weiter von den Theilchen des Flügels zu denen des Rumpfes, vermittelt durch kleinste Lageveränderungen und dadurch wachgerufene elastische Kräfte [1]).

Wegen der Starrheit der Verbindungen aber geschieht der Austausch fast momentan und können die Verschiebungen an den Theilchen vernachlässigt werden, so dass man von einem Beschleunigungsaustausch sprechen kann. In der Richtungslinie ko zwischen Rumpf und Flügel wirkt also eine innere Gelenkaxenkraft und Gegenkraft. Damit der Wirkung einer vom Flügel zum Rumpf wirkenden Gelenkaxenkraft k_o vollständig Gleichgewicht gehalten werde, muss die Gegenkraft $= - k_o$ sein.

c) In Wirklichkeit nun ist im allgemeinen die Bewegungsänderung des Punktes o nicht $= 0$, vielmehr oscillirt der Punkt o periodisch sowohl in verticaler als in horizontal-sagittaler Richtung um eine mit gleichförmiger Geschwindigkeit im Raum horizontal vorwärts sich verschiebende Mittellage hin und her. Man muss also annehmen, dass ausser den oben genannten inneren Gelenkaxenkräften noch andere zwischen Rumpf und Flügel wirken, welche, so weit sie den Flügel treffen, gerade genügen, um die resultirende Bewegungsänderung des Punktes o und die damit nothwendig verbundene Bewegungsänderung der übrigen Theile des Flügels hervorzurufen. Wir bezeichnen diese Einwirkung in irgend einer bestimmten sehr kleinen Phase vorläufig mit D_f, die zugehörige Gegenwirkung auf den Rumpf mit $- D_f$.

d) Ausser den genannten 3 Categorien von inneren Gelenkaxenkräften muss aber in der Regel noch eine vierte berücksichtigt werden. Sind nämlich in dem ins Auge gefassten Zeittheilchen Rumpf und Flügel bereits in Bewegung gegeneinander begriffen, so kommt noch in Betracht, dass eine Umänderung der Richtung der von den Flügeltheilchen erworbenen relativen Geschwindigkeiten durch die Befestigung im Gelenk vor sich geht, welche nur durch innere Gelenkaxenkräfte in der Richtung der Längslinie der Flügels vermittelt werden kann. Es handelt sich also viertens um „Gegenwirkung gegen die Centrifugalkräfte des Flügels“ und um eine entsprechende Einwirkung der Centrifugalkräfte des Flügels auf den Rumpf. Wir bezeichnen die Wirkung

---

[1]) Vgl. H. Strasser, Ueber die Grundbedingungen der activen Locomotion. Halle 1880, pg. 20.

auf den Flügel mit C_f, die entsprechende Gegenwirkung auf den Rumpf mit — C_f.

4. Zusammenfassung.

Die bekannte resultirende Bewegungsänderung des Flügelschwerpunktes hängt also in irgend einer Phase nur von folgenden inneren und äusseren Kräften ab:

1) von den ε-Componenten der äusseren Kräfte am Flügel,
2) von den ε-Componenten der inneren Gelenkdrehkräfte,
3) von der Gegenkraft C_f gegen die Centrifugalwirkung, welche vom Flügel in Folge der bereits von ihm erworbenen relativen Bewegung gegenüber dem Rumpfe ausgeübt wird,
4) von der Kraft D_f.

Und zwar ändert der Flügelschwerpunkt seine Bewegung so, als ob alle diese Kräfte direkt auf die in ihm concentrirt gedachte Flügelmasse einwirkten.

Die Bewegungsänderung des Rumpfschwerpunktes aber hängt nur ab:

1) von der Wirkung der äusseren Kräfte am Rumpf und von den o-Componenten der äusseren Kräfte am Flügel,
2) von den ε-Componenten der inneren Gelenkdrehkräfte,
3) von der Centrifugalwirkung des Flügels auf $o = - C_f$,
4) von der Kraft — D_f, d. h. von der Bewegungseinbusse oder Beschleunigung, welche der Rumpf erfährt, indem er das an sich gleichförmig bewegte Rumpfende des Flügels mit sich nimmt.

Um die Bedeutung dieser Ableitung ins rechte Licht zu setzen, sei schon jetzt darauf hingewiesen, dass die resultirende Bewegung des Rumpf- und Flügelschwerpunktes und dass No. 1, 3 und 4 der auf den Rumpfschwerpunkt wirkenden Kräfte genau bestimmt werden können, wenn die Configuration der Maschine und die Form der Bewegung bekannt sind; es müssen also auch No. 2, die ε-Componenten der inneren Gelenkdrehkräfte ermittelt werden können. Diese inneren Gelenkdrehkräfte aber sind, wie später noch genauer dargethan werden soll, wesentlich nur Muskelspannungen.

Diese Andeutung wird genügen, um den bis jetzt von uns eingehaltenen Weg der Analyse zu rechtfertigen. Im Folgenden sollen nun zunächst die Einwirkungen 1), 3) und 4) eingehend untersucht werden. Dann erst werden Grösse und Richtung der ε-Com-

ponenten der nothwendigen inneren Gelenkdrehkräfte beurtheilt werden können.

B. Specielles.

1. Die Wirkung des Flügelgewichtes.

Es sei daran erinnert, dass R das Gewicht des Rumpfes, F dasjenige der beiden Flügel bedeutet, die man als die beiden Hälften eines Doppelflügels auffassen kann. Die quere Bewegung des letzteren ist ebenso wie diejenige des Rumpfes jederzeit in Summa $= 0$.

Man kann sich nun aber, wie schon angedeutet wurde, die materiellen Punkte der einen Körperhälfte mit den correspondirenden Punkten der andern vereinigt denken und annehmen, dass die Bewegung dieser einen Hälfte wie zuvor erfolgt, indem nicht bloss alle Massen, sondern auch alle inneren und äusseren Kräfte an derselben verdoppelt sind. Im Folgenden soll mit l der Abstand des Schwerpunktes s des Flügels von o bezeichnet werden.

Man kann F sofort nach o und ε zerlegen. Die Theilkraft, die in o senkrecht abwärts wirkt, ist $F. \frac{\lambda - l}{\lambda}$; die verticale Kraft in $\varepsilon = F. \frac{l}{\lambda}$. Diese letztere muss nun wieder in der Kraftebene der Schwere zerlegt werden in eine o Radialkraft und in eine ε Tangentialkraft.

Letztere repräsentirt die ganze Wirkung des Flügelgewichtes zur Bewegung des Flügels ohne Beeinflussung von o.

$F_{tg} = F. \frac{l}{\lambda}. \sin \alpha$, wobei α den Winkel bedeutet, welchen die Flügellängslinie mit der Verticalen macht. Die o-Radialcomponente aber $= F. \frac{l}{\lambda} \cos \alpha$.

Die ganze Wirkung von F auf o ist also die Resultirende der beiden Wirkungen $F. \frac{\lambda - l}{\lambda}$ in verticaler Richtung abwärts und $F \frac{l}{\lambda}. \cos \alpha$ in der Richtung der Flügellängslinie abwärts.

Der erste Theil der Wirkung stellt einen constanten Betrag dar, der letzte einen wechselnden; es empfiehlt sich den letzteren zunächst in der Schwere-Kraftebene nach der verticalen und der horizontalen Richtung zu zerlegen. Die verticale Componente $= F \frac{l}{\lambda}. \cos^2 \alpha$. (immer abwärts gerichtet). Demnach ist die ge-

sammte verticale Wirkung des Flügelgewichtes durch o, also die Kraft $F_{o.v} = F.\frac{\lambda - l}{\lambda} + F.\frac{l}{\lambda}\cos^2\alpha$.

Die horizontale Componente von $F\frac{l}{\lambda}\cos\alpha$ ist $F\frac{l}{\lambda}\cos\alpha\sin\alpha$, zerlegt sich nach der z und q Richtung der Horizontalebene. Die q-Componente braucht nicht weiter berücksichtigt zu werden.

Die z-Componente $F_{oz} = F.\frac{l}{\lambda}\cos\alpha.\sin\alpha\cos b$, wobei b den Winkel bedeutet, welchen die Horizontalebenenprojection der Flügellängslinie mit der z-Axe, oder die Kraftebene der Schwere mit der zv-Ebene (vorn an ersterer, aussen an letzterer) bildet. Diese Wirkung ist rückwärts gerichtet, wenn sowohl α als $b < 90^0$ sind.

F_{ov} besteht aus dem constanten Betrag $F\frac{\lambda - l}{\lambda}$, der etwa $\frac{1}{3}$ des ganzen Flügelgewichtes beträgt [1]), und einem mit $\cos^2\alpha$ wechselnden Betrag, der sehr klein wird, wenn die Flügellängslinie sich der Horizontalebene nähert. Der Schwerpunkt des Flügels liegt ungefähr an der Grenze des inneren und mittleren Drittels der Flügellänge, der Punkt ε liegt etwa an der Grenze des mittleren und äusseren Drittels, bis gegen die Mitte der Länge des Flügels hin. Ist die Horizontalebene erreicht, so ist $\alpha = 90^0$, und das ganze zweite Glied von F_{ov} verschwindet. F_{oz} ist wegen α am grössten bei mittlerer Hebung oder Senkung der Flügellängslinie, wird aber unter allen Umständen sehr klein und zuletzt $= 0$, wenn die letztere sich der qv Ebene nähert. Diese Wirkung kann ohne grossen Fehler vernachlässigt werden.

2. Die auf den Flügel wirkenden Widerstände.

Sie lassen sich nach Prechtl durch eine Resultirende ersetzen, welche in einem ganz bestimmten Punkte des Flügels ein für alle mal gelegen ist, vorausgesetzt, dass die Form des Flügels sich nicht ändert. Und jener Autor hat genau angegeben, wie die Lage dieses Punktes für die verschiedensten Flügelformen zu bestimmen ist (pg. 136 u. ff.).

Müllenhoff [2]) bemerkt mit Bezug auf die Prechtl'schen

---

[1]) Prechtl, Untersuchungen über den Flug der Vögel. 1847 pg. 220.

[2]) Müllenhoff, Die Grösse der Flugflächen. Bonn 1884. Sep.-Abdr. aus Pflügers Arch. d. ges. Physiol. Bd. XXXV. pg. 421.

Berechnungen: „nimmt man den Luftwiderstand proportional der zweiten Potenz der Geschwindigkeit, so wäre er zu berechnen nach der Formel $\int yx^3\, dx / \int yx^2\, dx = h$ und nicht nach der Formel $\int yx^3\, dx = h^3 f$, wie sie PRECHTL angiebt .... Es würde hiernach die Lage des Druckmittelpunktes bei einem sich verschmälernden Dreieck auf 0,6, bei einem sich verbreiternden Dreieck auf 0,8, bei einem Rechteck auf 0,75 der Länge fallen". Diese Einwendung von MÜLLENHOFF ist vollständig gerechtfertigt. Die PRECHTL'sche Formel ist nur zulässig, wenn man den Widerstandspunkt anders definirt, nämlich als den Punkt, dessen Geschwindigkeit senkrecht zur Fläche des Flügels sämmtliche Theile des Flügels in irgend einem Momente haben müssten, damit bei derart paralleler und gleicher Bewegung aller Punkte gegen die Luft derselbe Widerstand hervorgerufen werde, den der Flügel thatsächlich in diesem Augenblick erzeugt (Punkt des Flügels, in welchem man sich gleichsam die ganze Flügelfläche concentrirt denken kann).

So viel ich sehe, war eine derartige Vereinfachung der Verhältnisse wirklich das von PRECHTL [1]) Erstrebte, es ist also nur seine Definition vom Widerstandspunkt (§ 146) falsch.

Für unsere Zwecke aber kommt es darauf an, die wirkliche Resultirende des Widerstandes nach Grösse, Richtung und Ort des Angriffs zu kennen; wir müssen uns also der von MÜLLENHOFF angegebenen Formel und der von ihm daraus berechneten Angaben bedienen, wenn wir die von PRECHTL und MÜLLENHOFF dabei gemachte Voraussetzung als richtig anerkennen, dass der Widerstand zunächst dem Drehpunkt $o = 0$ ist und von da aus gegen die Spitze des Flügels hin pro Flächenelement proportional dem Quadrat der Entfernung von der Drehungsaxe wächst.

Wir brauchten dann nur ein für alle mal die Lage dieses Druckmittelpunktes zum Punkte ε zu ermitteln, um das Gesetz der Vertheilung des Widerstandes nach o und ε zu finden. Eine solche Voraussetzung wäre nun, da der Flügel sich nicht nur um sein Schulterende dreht, sondern zugleich mit dem Rumpf bewegt, nur zulässig, wenn die Sagittalprofile immer genau horizontal gerichtet wären, und wenn die Schulter keine verticalen Schwankungen ausführte. Es kann vorkommen, dass letztere wirklich vernachlässigt werden dürfen. Die erste Voraussetzung aber ist niemals auch nur annähernd zutreffend.

Wir haben vielmehr einsehen gelernt, dass an der Basis des

---

[1]) Und ebenso von REICHEL und LEGAL in ihrer Arbeit s. u.

Flügels zumeist, wegen ihrer Supination, ein auf- und rückwärts gerichteter Widerstand entwickelt wird, der allerdings periodisch zu- und abnimmt. Der Widerstand an den äusseren Theilen des Flügels aber hängt wegen der Pronation dieser Theile ebenfalls nicht bloss von der Drehung um die Schulter, sondern von der absoluten Bewegung gegen die Luft, also auch von der Bewegung des Flügels mit dem Rumpfe ab.

Mit einem Worte, der Widerstand am Flügel darf nicht bloss als eine Funktion der relativen Bewegung zum Rumpfe betrachtet werden; er ist eine Function der complicirteren absoluten Bewegung seiner verschiedenen Flächentheile gegen die Luft.

In Folge dessen müssen wir darauf verzichten, allgemein gültige Formeln für die Berechnung des Flügelwiderstandes aufzustellen, oder die mühevollen und scharfsinnigen Aufstellungen von Prechtl über den Luftwiderstand am Flügel weiterhin zu verwerthen. Im concreten Fall ist natürlich eine Berechnung der Widerstände möglich, wenn die Form der Bewegung genau bekannt ist.

Die eine Frage aber ist zum voraus zu untersuchen, ob wirklich der ganze Widerstand am Flügel beschleunigend auf letzteren einwirkt, ohne den Punkt *o* zu beeinflussen, ob nicht vielmehr ein Theil desselben direkt durch den Punkt *o* wirkt und sich auf den Rumpf fortpflanzt. Da sind vor allem die *or* Componenten der an den einzelnen Flächenstücken entwickelten Widerstände ins Auge zu fassen. Diese brauchen durchaus nicht überall = 0 zu sein. Wo irgendwo der distale Theil einer Flügelebene gegenüber dem proximalen nach der Dorsal- oder Ventralseite des Flügels hin abweicht, hat der Widerstand eine *or* Componente. Nun ist es wohl bekannt, wie vielfach das Ende des Flügels ventralwärts gekrümmt ist (s. pg. 246) und wie es sich in andern Fällen, z. B. bei Krähen, am Ende des Niederschlages dorsalwärts aufbiegt. Auch sind die Flächen der einzelnen Schwungfedern häufig so orientirt, dass nicht bloss vordere Punkte derselben gegenüber den direkt hinter ihnen gelegenen, sondern auch distale gegenüber den direkt proximal davon liegenden mehr gegen die Ventralseite des ganzen Flügels vorgeschoben sind.

Die *or* Componenten gehen zwar für die Drehung des Flügels um *o* verloren, können aber doch vortheilhaft locomotorisch wirken beim gehobenen vorgeführten Flügel, wenn sie unten an Flächen wirken, die mit dem distalen Rande stärker ventralwärts abgelenkt sind, beim zurückgestellten gesenkten Flügel, wenn sie

von unten her auf distalerseits dorsalwärts abgelenkte Flächen wirken. Auch können solche Componenten mithelfen, um die Form des Flügels in nützlicher Weise zu beeinflussen, z. B. die Schwinge auszustrecken oder ausgestreckt zu erhalten.

Ist der Einfluss dieser Kräfte berücksichtigt, so handelt es sich daneben nur noch um tangentiale Componenten der Widerstandskräfte. Die Kräfte in o und ε, durch welche ihre Wirkung auf Rumpf und Flügelschwerpunkt ersetzt werden kann, sind dann senkrecht zur Flügellängslinie gerichtet. Sämmtliche q-Componenten der o-Kräfte gehen wegen der Symmetrie des Apparates für die Bewegung verloren. Die q-Componenten in ε dagegen entsprechen gerade demjenigen Bestandtheil der resultirenden ε-Tangentialcomponente des Flügelwiderstandes oder der resultirenden Wirkung desselben auf den Flügelschwerpunkt, der auf die verticale oder horizontale Beschleunigung des Flügel- (und Rumpf-)schwerpunktes keinen Einfluss hat.

Um zu beurtheilen, in wie weit der Widerstand am Flügel in locomotorisch nützlicher Richtung auf den Flügel und wie weit durch o auf den Rumpf einwirkt, braucht man also — abgesehen von den or-Kräften — nur die z- und v-Componenten der tangentialen Theile der Flügelwiderstände zu berücksichtigen. (Wir haben bei der Beurtheilung der Flügelwiderstände ihren Einfluss zur Drehung des Flügels um die Längsaxe ausser Acht gelassen. Darüber Näheres weiter unten S. 318).

In der ersten Hälfte der Flügelhebung ist unserer Ansicht nach an der Spitze des Flügels die verticale Componente des Widerstandes abwärts gerichtet, an der Flügelbasis aufwärts. Die entsprechende Componente in ε ist deshalb klein, wohl aber wirkt in o eine erhebliche verticale Componente nach oben. Dann folgt eine Phase, in welcher die Verticalcomponenten an Flügelbasis und Flügelspitze verhältnissmässig gleich stark aufwärts wirken, wo also die Resultirende ungefähr in der Mitte der Flügellänge proximal von ε angreift und immer noch eine Theilkraft, die im Punkt o nach oben wirkt, enthält neben der Theilkraft die nach ε entfällt.

Vielleicht wird gegen die Mitte des Niederschlages die Vertical-Componente an der Basis klein, an der Spitze sehr gross, und es nähert sich der Angriffspunkt der Resultirenden dem Müllenhoff'schen Druckpunkt, indem der Widerstand annähernd proportional dem Quadrat der Entfernung von o pro Flächenele-

ment sich verhält. Gegen den Schluss des Niederschlages und der Rückführung des Flügels rückt jedenfalls der Angriffspunkt der verticalen Resultirenden wieder proximalwärts.

Nun liegt unser Punkt ε sicher einwärts von dem MÜLLENHOFF'schen Druckpunkt, also von der Grenze des mittleren und äusseren Drittels der Flügellänge bis gegen die Mitte der Flügellänge hin, so dass die genannten Resultirenden des Flügelwiderstandes vielleicht im Mittel mit ε zusammenfallen, zu Anfang der Hebung proximal, beim Niederschlag eine Weile distal von ihm angreifen.

Wir können also die ablenkenden und die Verticalebenen-Einwirkungen, welche der Luftwiderstand am Flügel durch das Gelenkende auf den Rumpf ausübt, höchstens im Mittel = 0 setzen. Wollen wir genauer sein, so müssen wir berücksichtigen, dass wahrscheinlich zu Ende des Flügelniederschlages und im Beginn der Hebung der Luftwiderstand derartig drehend auf den Flügel einwirkt, dass dadurch das Gelenkende und durch dieses der Rumpf abwärts gedrückt wird, dass aber am Ende der Hebung und im Anfang des Niederschlages umgekehrt eine Wirkung nach oben von dem Gelenkende des Flügels aus auf den Rumpf stattfindet. Diese Schwankungen werden nach Zeit und Grösse etwas verschieden sein, je nach den besonderen Verhältnissen des einzelnen Falles.

Was aber die z-Componenten der Widerstände betrifft, so wirken dieselben an der Basis des Flügels fast immer in grösserem oder geringerem Maasse nach hinten, desgleichen an der Flügelspitze bei dem Ende der Hebung und dem Beginn des Niederschlages, dagegen vorwärts in der zweiten Hälfte des Niederschlages, bei der Rückführung und in geringem Masse wahrscheinlich im Beginn der Hebung. Kaum jemals nimmt der vorwärts ablenkende Widerstand nach aussen proportional dem Quadrate des Abstandes der Flächenelemente von o zu, sondern weniger, ja er vermindert sich im Gegentheil unter Umständen nach aussen und wird negativ. In allen diesen Fällen entfällt eine erhebliche Theilkraft dieser Widerstände, nach vorn wirkend, auf o.

3. Der Widerstand gegenüber den Centrifugalkräften am Flügel. (Cf).

Die relative Bewegung des Flügels zum Rumpf kann in jedem Augenblick zerlegt werden in eine Drehung um die durch o und

den Flügelschwerpunkt gelegte Schwerpunktsaxe, welche eine sog. freie Axe darstellt, und zweitens in eine Drehbewegung um eine quer zur Längslinie des Flügels gerichtete Axe des Punktes o. Nur die letztgenannte Drehung erfordert Kräfte des Rumpfes, welche den Punkt o des Flügels festhalten. Wir können ohne grossen Fehler annehmen, dass sämmtliche Centrifugalkräfte sich zu einer Resultirenden vereinigen, welche in der Längslinie des Flügels durch den Punkt o gerichtet und proportional der Masse des Flügels, der Winkelgeschwindigkeit und dem Quadrat des Trägheitshalbmessers des Flügels mit Bezug auf diese Gelenkaxe ist. Soweit aber diese Wirkung in die q-Richtung entfällt, wird durch sie wegen der symmetrischen Wirkung beider Körperhälften die Bewegung des Rumpfes nicht beinflusst; die entsprechende Aenderung des Bewegungszustandes des gemeinsamen Schwerpunktes beider Flügel in querer Richtung ist ebenfalls gleich 0. Die in die Sagittalebene entfallende Componente aber, welche sich in eine z- und v-Componente zerlegt, wächst mit dem Sinus des Winkels γ, welchen die Längslinie des Flügels mit der q-Axe bildet; und zwar wächst die verticale Componente mit dem Cosinus des Winkels α, den die Längslinie mit der v-Axe bildet, und die z-Componente mit dem Cosinus des Winkels β, in welchem jene Linie zur z-Axe steht.

Ist der Flügel gehoben, so wird der Rumpf in den Gelenken nach oben gezogen, ist er vorgeführt, nach vorn u. s. w. Im ersten Fall werden abwärts treibende, im zweiten rückwärts treibende Kräfte des Rumpfes zur Fixirung von o verbraucht; der Flügelschwerpunkt wird dementsprechend im ersten Fall durch eine abwärts treibende, im zweiten Fall durch eine rückwärts treibende Kraft in seinem Bewegungszustande beinflusst u. s. w.

4. Die Kraft Df, welche vom Rumpf aus durch o auf den Flügel wirken muss, damit das an sich mit gleichförmiger horizontaler Geschwindigkeit bewegte Gelenkende o den resultirenden Oscillationen des Rumpfes folgt.

Eine solche Einwirkung modificirt natürlich die Bewegung des Flügelschwerpunktes so, als ob sie direkt die in ihm concentrirt gedachte Masse des Flügels treffen würde, und wird überdies den Flügel um seinen Schwerpunkt drehen, resp. die Drehbewegung des Flügels um den Punkt o beeinflussen.

Auch hier handelt es sich um ein wichtiges, häufig in Be-

tracht kommendes Problem der Mechanik. Auf Seite 325 wurde die Lage des Punktes ε bestimmt, der dadurch ausgezeichnet ist, dass die in ihm senkrecht zur Flügellängslinie angreifenden Kräfte fürs erste dem Gelenkende o des Flügels keine Beschleunigung ertheilen. Nun ist leicht nachzuweisen, dass umgekehrt Kräfte die in o senkrecht zur Längslinie wirken, fürs erste den Punkt ε nicht beeinflussen. Denn irgend eine derartige Kraft χ ertheilt dem Schwerpunkt des Flügels und also auch dem Punkt ε eine Beschleunigung $\frac{\chi}{M}$, und dem Flügel gleichzeitig eine Drehung um den Schwerpunkt, deren Winkelbeschleunigung $= \frac{\chi l}{MR^2}$ ist und in Folge deren der Punkt ε sich mit der Geschwindigkeit $\frac{\chi l}{MR^2} \cdot \varrho$ in der entgegengesetzten Richtung bewegt. Da nun $\varrho l = R^2$ so ist $\frac{\chi}{M} = \frac{\chi l}{MR^2} \cdot \varrho$ absolut genommen. Die resultirende Beschleunigung von ε ist demnach $= 0$.

Hierbei bedeutet M die Masse des Flügels, l den Schwerpunktshalbmesser, R den Trägheitshalbmesser mit Bezug auf Schwerpunktsaxen, die senkrecht zu l stehen, ϱ den Abstand des Punktes ε vom Flügelschwerpunkt s.

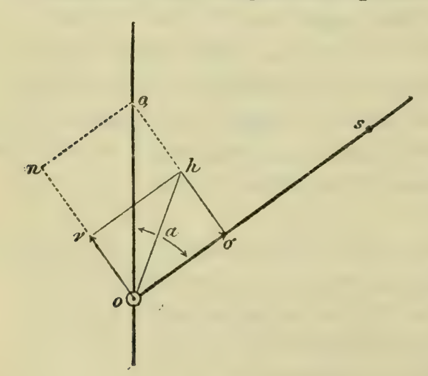


Fig. 20.

Man kann sich nun eine bestimmte sehr kleine Beschleunigung φ des Gelenkendes o des Flügels (Fig. 20) in einer bestimmten geraden Linie oo^1, bei irgend einer Stellung der Längslinie os des Flügels, welche durch den Winkel α gemessen ist, dadurch zu Stande gebracht denken, dass der Punkt o durch eine in der Richtung von o nach s hin wirkende Kraft die Beschleunigung $\varphi \cos \alpha$ erhält und zugleich durch eine zweite Kraft, in der zur Flügellängslinie senkrechten Richtung von o nach n hin die Beschleunigung $\varphi \sin \alpha$. Der erstgenannten Einwirkung entspricht eine Beschleunigung des Flügelschwerpunktes, die ebenfalls $= \varphi \cos \alpha$ ist; der letzteren die Schwerpunktsbeschleunigung $\varphi \sin \alpha$

$\frac{\lambda}{\lambda - l}$. Die beschleunigenden Kräfte aber, welche mit *ob* und *ov* bezeichnet werden sollen, müssen ihren Einwirkungen auf die Gesammtmasse des Flügels proportional sein.

Die Resultirende *oh* der beiden Kräfte wird im allgemeinen nicht die Richtung *os* haben, sondern mit der Längslinie des Flügels einen bestimmten Winkel ξ bilden, und zwar hat die Kraft *oh* immer eine mittlere Richtung zwischen der Richtung der zum Flügel längs gerichteten Kraft und derjenigen der resultirenden Beschleunigung von *o*.

$oh = \sqrt{\varphi^2 \sin^2 \alpha \left(\frac{\lambda - l}{\lambda}\right)^2 + \varphi^2 \cos^2 \alpha}\, M$, wobei M die Masse des Flügels bedeutet

Minimum für $\alpha = 90^0$

$$oh = \varphi \frac{\lambda - l}{\lambda} M.$$

Maximum für $\alpha = o$

$$oh = \varphi . M.$$

Die Richtung, in welcher das Flügelende beschleunigt werden muss, ist nun immer eine sagittale.

Durch Projection von *oh* auf die Sagittalebene erhält man die Grösse und Richtung der nöthigen sagittalen Componente, die quere Componente wird von selbst wach gerufen, wenn die sagittale wirksam ist.

Durch eine nach oben gerichtete Beschleunigung des Punktes *o* wird die Drehung des Flügels im Sinne des Niederschlages, durch Beschleunigung von *o* abwärts wird sie im Sinne der Hebung beschleunigt; der Schwerpunkt des Flügels aber wird im selben Sinn, wenn auch weniger beschleunigt als der Punkt *o*.

Wenn die Schulter von einem mittleren Niveau aus nach unten oscillirt, so verlangsamt sich ihre Abwärtsbewegung, wird schliesslich gleich *o*, und die Abänderung der Geschwindigkeit geht in demselben Sinne noch weiter, da die Schulter allmählich eine maximale Aufwärtsgeschwindigkeit erlangt. Während dieses Zeitraums erfährt der Punkt *o* des Flügels durch den Rumpf in seiner Abwärtsbewegung eine Hemmung, resp. er erfährt eine aufwärts gerichtete Beschleunigung. — Umgekehrt verhält es sich, wenn die Schulter von der Mittellage aus nach oben oscillirt und von oben zur Mittellage zurückkehrt.

Dem höchsten Stande des Rumpfes entspricht ungefähr das Maximum in der verticalen Beschleunigung

der Gesammtmasse des Flügels abwärts und in der Drehbeschleunigung des Flügels im Sinne der Hebung, dem Tiefstande des Rumpfes das Maximum in der Aufwärtsbeschleunigung der Gesammtmasse des Flügels und der Drehbeschleunigung im Sinne des Niederschlages.

Die Grösse der auf diese Weise hervorgebrachten Drehungen des Flügels ist so gering, dass man die Centrifugalwirkungen bei denselben vernachlässigen kann.

Aber auch der ganze Bewegungsaustausch an der Gelenkaxe zwischen Rumpf und Flügel in verticaler Richtung, den die geschilderte Mitbewegung des Flügels fordert, ist gering, da die Beschleunigungen des Punktes o selbst nur klein sind, diejenigen der Gesammtmasse des Flügels also noch erheblich kleiner.

Ganz ähnlich wie bei den verticalen Oscillationen ist das Verhalten hinsichtlich der z-Oscillationen des Punktes o mit dem Rumpfe.

5. Die nothwendigen inneren Gelenkdrehkräfte.

Jede innere Gelenkdrehkraft lässt sich hinsichtlich ihrer beschleunigenden Einwirkung auf Rumpf und Flügel ersetzen durch eine Kraft und Gegenkraft in der ε-Tangentenebene ($p_{\mu tg}$ und — $p_{\mu tg}$ pg. 293 u. ff.), und die Wirkung auf den Flügel $p_{\mu tg}$ lässt sich weiterhin ersetzen 1) durch eine in der ε-Tangentenebene durch ε gerichtete Kraft p_ε, welche parallel, gleichgerichtet und gleich ist wie $p_{\mu tg}$, und 2) durch ein Kräftepaar, welches den Flügel parallel der ε-Tangentenebene um den Schwerpunktshalbmesser als Axe zu drehen strebt. An dem Einfluss der innern Kraft auf die Drehung des Flügels um o wird dadurch nichts geändert; das Moment der Drehung um den Schwerpunktshalbmesser bleibt, wie schon gezeigt worden ist, dasselbe; ebenso das Moment der Drehung um die o-Gelenkaxe, welche zu der Kraftebene von p_ε senkrecht steht (eine andre senkrecht zur Flügellängslinie gerichtete Axe aber kommt nicht in Betracht).

So viele verschiedene innere Gelenkdrehkräfte vorhanden sein mögen, immer lassen sich alle p_ε Componenten zu einer einzigen p_ε Kraft vereinigen und alle Kräftepaare der ε-Tangentenebene zu einem einzigem Kräftepaar, welches den Flügel um den Schwerpunktshalbmesser zu drehen strebt. Die erstgenannte Resultirende sei mit G_ε bezeichnet, ihr Drehungsmoment um $o = G_\varepsilon . \lambda$,

das Moment der Drehkraft um die Flügellängslinie mit $G_\varepsilon . k$; die resultirende Gegenwirkung auf den Rumpf entspricht dann einer Kraft G_ε von gleicher Grösse, aber entgegengesetztem Sinn der Einwirkung, gelegen in der ε-Tangentenebene im Abstande k von ε.

Die beschleunigende Einwirkung der gesammten innern Gelenkdrehkräfte auf die Flügelmasse oder auf den Flügelschwerpunkt, ist gleich G_ε nach Grösse, Richtung und Sinn der Einwirkung. Diese Kraft zerlegt sich nach der v-, z- und q-Richtung in die 3 Componenten $G_{\varepsilon v}$, $G_{\varepsilon z}$ und $G_{\varepsilon q}$. Sind die beiden ersten und die Stellung der Flügellängslinie bekannt, so lässt sich $G_{\varepsilon q}$ daraus berechnen wie folgt:

Man legt durch den Angriffspunkt von G_ε in ε oder s zwei Kreise, parallel der qz-Ebene um die v-Axe und parallel der qv-Ebene um die z-Axe und zerlegt zunächst G_ε in der ε-Tangentenebene in 2 Componenten, welche tangential zu diesen 2 Kreisen liegen. Ist α der Winkel, welchen die Projektion der Flügellängslinie auf die q-Ebene mit der v-Richtung oben aussen macht, und β der Winkel, welchen die Horizontalebenenprojektion der Flügellängslinie mit der z-Axe vorn aussen bildet, so ist $\frac{G_{\varepsilon v}}{tg\alpha}$ die quere Componente, welche die Kraft $G_{\varepsilon v}$ zu der Tangentialkraft am verticalen Parallelkreis ergänzt, und $\frac{G_{\varepsilon z}}{tg\beta}$ diejenige quere Componente, welche zusammen mit $G_{\varepsilon z}$ die Tangentialkraft zum horizontalen Parallelkreis giebt. Die quere Componente der ganzen Kraft G_ε ist demnach $= \frac{G_{\varepsilon v}}{tg\alpha} + \frac{G_{\varepsilon z}}{tg\beta} = G_{\varepsilon q}$.

Man erkennt, dass die quere Componente im allgemeinen um so grösser ist, je mehr die horizontale und die quere Componente eine Resultirende geben, welche direkt gegen die q-Axe gerichtet ist, je grösser diese Resultirende ist und je mehr die Linie os im rechten Winkel zur q-Axe steht.

Es handelt sich also nur darum, die Grösse der v- und z-Componente von G_ε zu bestimmen oder, was dasselbe ist, diejenige verticale und sagittale Kraft, welche in irgend einer Phase, abgesehen von den bereits näher besprochenen äusseren Kräften am Flügel und von den inneren Gelenkaxenkräften, noch auf den Flügel einwirken müssen, um seiner Gesammtmasse die in dieser Phase nothwendige resultirende Beschleunigung zu geben.

a. Berechnung von $G_{\varepsilon v}$ und — $G_{\varepsilon v}$.

Folgende Tabelle giebt eine Uebersicht über die Kräfte, welche den Flügel- und Rumpfschwerpunkt in verticaler Richtung beschleunigen.

Es wirkt vertical beschleunigend	auf den Flügelschwerpunkt		auf den Rumpfschwerpunkt	
		durch o	durch o	
Die Schwerkraft (abwärts)	F	$-F\frac{\lambda-l}{\lambda}-F\frac{l}{\lambda}cos^2\varphi$	$F\frac{\lambda-l}{\lambda}+F\frac{l}{\lambda}cos^2\varphi$	$+R$
Der Luftwiderstand (aufwärts)	W_{fv}	$-W_{fv.o}$	W_{fvo}	$+W_{rv}$
Centrifugalhemmung		C_{fv}		
Centrifugalkraft			$-C_{fv}$	
Bewegungsaustausch in o für die resultirende Beschleunigung von o		D_{fv}	$-D_{fv}$	
Resultirende innere Gelenkdrehkraft	$G_{\varepsilon v}$			$-G_{\varepsilon v}$
Summa: (Resultirende Einwirkung)	A_f		A_r	

Die von einer dunklen Linie umschlossenen Grössen dieser Tabelle stellen die inneren Kräfte und Gegenkräfte dar, deren resulirende Einwirkung auf den Flügel- resp. Rumpfschwerpunkt früher mit I u. s. w. bezeichnet worden ist (pg. 275 u. ff). Es leuchtet ohne Weiteres ein, dass und wie $G_{\varepsilon v}$ aus den übrigen den Flügelschwerpunkt vertical beschleunigenden Kräften und der resultirenden, beschleunigenden, verticalen Einwirkung auf denselben berechnet werden kann.

Im Folgenden (Fig. 21) soll versucht werden, die Kräftecurve der periodisch sich ändernden Grösse $G_{\varepsilon v}$ und ihr Verhalten zu der Kräftecurve von I annähernd festzustellen. Wir benutzen dabei

dasselbe Princip der graphischen Darstellung, wie bereits bei den Figuren 16 und 17.

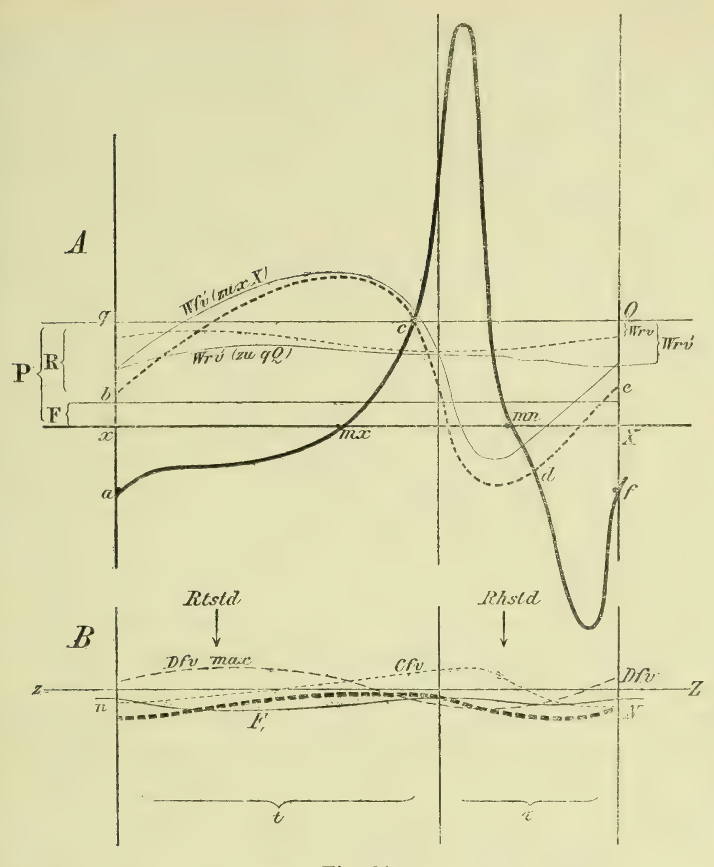


Fig. 21.

Längs der Abscissenaxe xX vollzieht sich der Fortschritt in der Zeit, die Ordinaten geben die Grösse der Kraft, die Kräftefelder der Curven sind ein Mass für die beschleunigende Einwirkung auf die Masseneinheit während einer bestimmten Zeit. Der Abstand der Parallelen qQ von xX giebt die Grösse des Gesammtgewichtes, wovon ca. 5 Theile auf das Rumpfgewicht R und 1 Theil auf das Flügelgewicht F entfallen. Dem Kräftefeld, welches zwischen xX und qQ in der Zeit $t + \tau$ eingeschlossen ist, muss das Kräftefeld des gesammten verticalen Widerstandes an Rumpf und Flügel an Grösse gleichkommen. Der Abstand der fein punk-

tirten Curve unterhalb qQ von dieser Linie giebt die Grösse des Rumpfwiderstandes in den verschiedenen Phasen der Periode. Der Abstand der benachbarten fein ausgezogenen Curve von qQ giebt die Grösse des verticalen Widerstandes, soweit er nicht blos am Rumpf selbst entwickelt wird, sondern auch soweit der verticale Widerstand am Flügel sich auf den Rumpf durch das Gelenk o überträgt. Wir wollen diese gesammte Einwirkung für irgend eine Phase mit W_{rv}' bezeichnen. Das Kräftefeld, welches zwischen der fein ausgezogenen Curve $W_{rv}{}^1$ und der Linie xX in der Zeit $t + \tau$ eingeschlossen wird, ist dann ein Mass für die gesammte Einwirkung der verticalen Componente des Flügelwiderstandes, soweit sie wirklich auf den Flügelschwerpunkt wirkt (Mass der Einwirkung von $W_{f.v} - W_{f.o} = W_{f\varepsilon.v}$). Die Curve dieses reducirten verticalen Flügelwiderstandes $W_{f\varepsilon.v}$ hat nun zwar eine andere Gestalt (in Fig. 21 A mit W_{fv}' zu xX bezeichnet); sie liegt in der zweiten Hälfte des Flügelniederschlages am höchsten über der Abscisse xX, im Anfang der Hebung sogar unter derselben. Aber die Summe der negativen und der positiven Antheile ihres Kräftefeldes muss dem Kräftefeld zwischen W_{rv}' und xX an Grösse gleich sein, was in unserer Figur möglichst berücksichtigt ist.

In Fig. 21 B ist möglichst nach demselben Massstabe (es sind Verhältnisse der Schätzung zu Grunde gelegt, wie sie etwa bei der Taube vorhanden sind) die Einwirkung der Schwere am Flügel, soweit sie sich nicht auf den Rumpf überträgt, sodann die Einwirkung Df und Cf graphisch dargestellt. Jene reducirte Wirkung der Schwere am Flügel $\left(F - F\frac{\lambda - l}{\lambda} - F\frac{l}{\lambda} \cos^2 \varphi\right)$ kann mit F^1 bezeichnet werden.

Die Curve F^1 als von einer abwärts gerichteten Kraft liegt unterhalb der zugehörigen Abscisse zZ als eine fein ausgezogene Curve. Die Kraft, welche zum Gleichgewicht gegen die Centrifugalkräfte des Flügels vom Rumpf aus durch o auf den Flügel in verticaler Richtung wirken muss, ist aufwärts gerichtet, wenn der Flügel unten steht, und abwärts gerichtet, wenn er gehoben ist; sie ist absolut am grössten vor der Mitte der Flügelhebung. In Fig. 21 B ist sie durch den Abstand der fein punktirten Curve von $z.Z$ dargestellt. Die aus feinen Strichen zusammengefügte Curve dieser Figur endlich, in ihrem Abstand von zZ giebt ein Mass für die Einwirkung von D_{fv}, welche Kraft ja, wie nachgewiesen wurde, während des Tiefstandes des Rumpfes (bei $R.tstd$

in Fig. 21 *B*) zu Anfang und in der Mitte des Flügelniederschlages aufwärts, beim Hochstande dagegen (*R.hstd.* in Fig. 21 *B*) abwärts gerichtet ist.

C_{fv} und D_{fv} heben sich zeitweise gegenseitig mehr oder weniger auf (bald nach Beginn der Flügelhebung und im Anfang des Flügelniederschlages); beide zusammen wirken aufwärtstreibend nach der Mitte des Flügelniederschlages und abwärtstreibend nach der Mitte der Hebung und wirken dann also dem Einfluss des Flügelgewichtes im ersten Fall entgegen, während sie ihn im zweiten Fall unterstützen.

C_{fv}, D_{fv} und F^1 zusammen haben also wohl im Ganzen pro Periode eine abwärtstreibende Wirkung wie F_1 für sich allein. Diese Wirkung hat aber nach der Mitte des Niederschlages ein Minimum, nach der Mitte der Flügelhebung ein Maximum. (Stark punctirte Curve in Fig. 21 *B*).

Combiniren wir diesen Einfluss mit demjenigen von $W_{fv'}$, so erhalten wir eine Einwirkung, welche in Fig. 21 *A* durch die stark punktirte Curve *bcde* dargestellt ist. Der Abstand dieser Curve von xX giebt ein Mass für die Einwirkung sämmtlicher verticaler Kräfte auf den Flügelschwerpunkt, mit Ausnahme von $G_{\varepsilon v}$.

Wenn nun die Curve *amx c mn d f* in ihrem Abstande von xX die resultirend auf die Gesammtmasse des Flügels im Flügelschwerpunkt einwirkende verticale Kraft darstellt, so wird $G_{\varepsilon v}$ gemessen durch den Abstand dieser Curve von der Curve *bcde*. $G_{\varepsilon v}$ wirkt abwärts auf den Flügel, wo *amx c mn d f* unterhalb *bcde* liegt, aufwärts im entgegengesetzten Fall. Wirklich ist leicht einzusehen, dass durch Hinzufügung einer solchen Kraft $G_{\varepsilon v}$ die schon in der Curve *bcde* zu xX berücksichtigten verticalen Kräfte am Flügel gerade zu den resultirenden verticalen Kräften am Flügelschwerpunkt ergänzt werden (Curve *a mx c mn d f*).

b. Berechnung von $G_{\varepsilon z}$ und $-G_{\varepsilon z}$.

Die Berechnung der horizontal-sagittalen Componente der resultirenden inneren Gelenkdrehkraft G_{ε} geschieht genau nach demselben Princip, wie diejenige der verticalen Componente. Auch hier handelt es sich um ein Oscilliren um ein mittleres Niveau (das nun freilich durch eine *q-v* Ebene dargestellt wird), also auch um ein periodisches Gleichgewicht der resultirenden Beschleunigungen, sowohl am Ganzen als an den einzelnen Theilen. Das

Besondere besteht nur darin, dass 1) jenes mittlere Niveau sich mit gleichförmiger horizontaler Geschwindigkeit v pro Secunde (oder mit der Geschwindigkeit vT pro Periode) vorwärts bewegt, 2) darin, dass nicht die Schwere die zu überwindende schädliche äussere Einwirkung darstellt, indem dieselbe ja die horizontale Bewegung des Ganzen nicht beeinflusst, dass dafür aber schädliche Luftwiderstände eine viel grössere Rolle spielen, als beim verticalen Theil der locomotorischen Thätigkeit.

Man übersieht die horizontalen Bewegungen und Bewegungsänderungen am besten bei Betrachtung des fliegenden Vogels von der Seite oder von unten her; besonders instructiv ist es, wenn man sich das System mit seinen Bewegungen auf die Horizontalebene projicirt denkt; hierbei werden die verticalen Componenten eliminirt, die z- und q-Componenten aber kommen voll und ganz zur Geltung. In diesem Fall ist es eine mit der Geschwindigkeit v gleichmässig vorbewegte Querlinie qq, mit Bezug auf welche die Bewegungen in der z-Richtung sich als periodisch oscillirende darstellen.

Man kann sich aber auch jenes mittlere Niveau, welches durch eine qv. Ebene dargestellt ist, oder in der Horizontalebenenprojection die erwähnte Querlinie qq ruhend denken und statt dessen annehmen, dass der umgebende Raum oder besser gesagt das umgebende Luftmedium mit der gleichförmigen Geschwindigkeit v an dem hin und her oscillirenden Vogel vorbei **rückwärts bewegt** werde.

Dass der **Flügel** in der z-Richtung hin und her oscillirt, und dass die Excursionen nach der Flügelspitze hin zunehmen, ist ohne weiteres klar und wird durch die blosse Beobachtung genügend sicher gestellt. Da aber der Rumpf beim horizontalen Normalfluge niemals, der Flügel aber auch nicht während der ganzen Periode, sondern nur zeitweise und dabei in allmählich zu- und abnehmendem Maasse einen nützlichen vorwärts gerichteten Widerstand erzeugt, so folgt, dass **auch der gemeinsame Schwerpunkt** des Ganzen gegenüber dem mittleren Niveau hin und her oscilliren muss.

Wir nehmen an, dass in der Regel gegen das Ende der Flügelniederbewegung der weitaus stärkste vorwärts gerichtete Flügelwiderstand erzeugt wird und gegen das Ende der Flügelhebung der geringste. Es folgt hieraus, dass der Gesammtschwerpunkt im erstgenannten Zeitpunkt und auch noch ganz am Schluss des Niederschlages, währenddem die relative Rückführung des Flügels

mit der grössten Geschwindigkeit vor sich geht, am weitesten zurückliegt, und dass er seine vordere Extremlage zum mittleren *qv* Niveau erreicht gegen Ende der Flügelhebung, jeweilen also etwas später als er seine tiefste und höchste Lage erreicht.

In Fig. 22 *A* beziehen sich die 3 Curven *ss*, $\Sigma\Sigma$ und *SS* auf

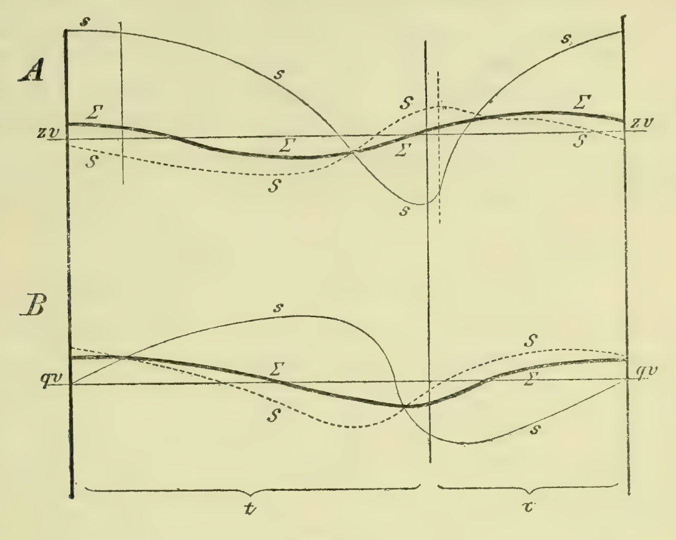


Fig. 22.

die Axe *zv-zv* und erläutern die verticale Oscillation des Flügelschwerpunktes *s*, des gemeinsamen Schwerpunktes Σ und des Rumpfschwerpunktes *S* gegenüber dem Niveau einer Horizontalebene *zv* während einer Periode $t + \tau$.

Die 3 unteren Curven dagegen in ihrer Beziehung zur Abscisse *qv* erläutern die gleichzeitige *z*-Bewegung derselben 3 Punkte gegenüber einer Querebene *qv*.

Der Deutlichkeit halber und um möglichst allen Verhältnissen gerecht zu werden, wurde angenommen, dass die Oscillationen des gemeinsamen Schwerpunktes erheblich gross sind. Es ist nun in der That leicht einzusehen, wie sich die Verhältnisse ändern müssen, wenn jene Oscillationen relativ geringer sind.

Es besteht natürlich auch in der *z*-Richtung ein periodisches Gleichgewicht der K r ä f t e. Auch hier gilt es festzustellen, wie in jeder einzelnen Phase durch die äusseren Kräfte und den Bewegungsaustausch in *o* die Bewegung des Rumpfschwerpunktes und des Flügelschwerpunktes beeinflusst wird, und welche Ge-

lenkdrehkräfte in der durch ε senkrecht zur Längslinie des Flügels gelegten Ebene wirken müssen, um jene Wirkung zu der bekannten resultirenden Einwirkung auf die Partialschwerpunkte zu ergänzen.

Ich habe nicht die Absicht, mit Bezug auf die Bestimmung von $G_{\varepsilon z}$ so sehr ins Einzelne einzugehen, wie bei der Bestimmung von $G_{\varepsilon v}$. Es genügt, das Princip der Analyse festgestellt zu haben. Auch kennen wir vorderhand die Form der Bewegung gerade mit Bezug auf die z-Componenten der Widerstände noch zu wenig. Ihre Beurtheilung ist eine ausserordentlich schwierige und complicirte. Nur um dies recht deutlich zu machen, habe ich die Fig. 23 entworfen. Ich will durch dieselbe nur zeigen,

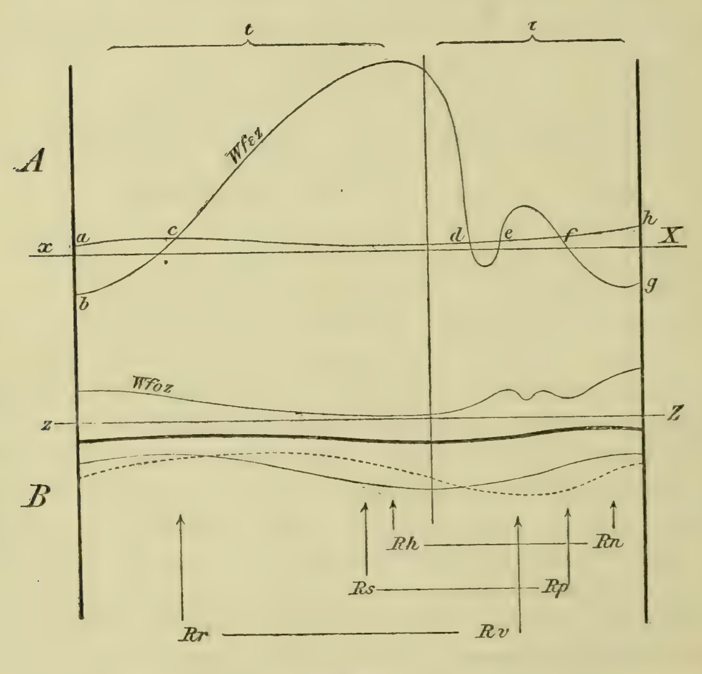


Fig. 23.

wie die Grössen $W_{f\varepsilon z}$, $W_{fo.z}$ und W_{rz} von den verschiedensten Verhältnissen abhängen. Die Art und Weise aber, wie in dieser Figur die einzelnen Faktoren abgeschätzt sind, kann kaum auch nur als eine annähernd zutreffende bezeichnet werden.

In dem oberen Theil A der Figur ist die Abänderung von $W_{f\varepsilon z}$ in der Zeit durch den Abstand der entspechend bezeichneten

Curve von der Abscisse xX dargestellt: Maximum des vorwärts gerichteteten Widerstandes am Ende des Flügelniederschlages, Maximum des rückwärts gerichteten am Ende der Hebung; im Moment des hauptsächlichen Umwendens des Flügels aus der pronirten in die supinirte Stellung einen kurzen Moment lang vielleicht ebenfalls ein rückwärts gerichteter Widerstand (zwischen d und e), darauf bei der stärksten Hebung des supinirten Flügels ein Widerstand an der Dorsalseite mit vorwärts gerichteter Componente. Dabei ist für $W_{f\varepsilon z}$ nur der Widerstand auf die Breitseiten des Flügels berücksichtigt. Die z_ε Componente des Widerstandes auf den vorderen Flügelrand, die stets schädlich wirkt, wird durch den Abstand der Curve *acdefh* von xX dargestellt. Es muss die Curve $W_{f\varepsilon z}$ auf diese Linie $ac\ldots h$ bezogen werden, damit sie die Abänderung der resultirenden $z\varepsilon$ Componente des g a n z e n Flügelwiderstandes darstellt.

Im untern Theil B der Figur zeigt die Curve W_{foz} in ihrem Abstand von zZ die Abänderung der z-Componente des auf o entfallenden Flügelwiderstandes (Maximum am Ende der Flügelhebung, Minimum am Ende des Flügelniederschlages).

Der Abstand der Curve W_{rk} von zZ soll der z-Componente des Widerstandes entsprechen, welcher an dem Vorderende des Rumpfes erzeugt wird. Dieser Widerstand ist ziemlich constant, der Rest des z-Widerstandes am Rumpfe, an der schrägen, drachenartig gestellten Unterseite vornehmlich entwickelt, wechselt mehr oder weniger, je nachdem die verticalen und horizontalen Oscillationen des Rumpfes erheblich sind oder nicht, und je nachdem die Aenderungen der Supinationsstellung des Rumpfes in Betracht kommen oder nicht. Mit Rs und Rp sind die Zeitmomente bezeichnet, denen muthmasslich die grösste Supinations- und die grösste Pronationsstellung des Rumpfes entspricht, mit Rh und Rn die Momente der grössten Hebungs- und Senkungsgeschwindigkeit des Rumpfes, mit Rz und Rv die Momente seiner geringsten und grössten Vorwärtsgeschwindigkeit.

Entsprechend dem Abstand der Curve dd von Wrk mag sich die genannte z-Componente des Widerstandes an der Unterseite des Rumpfes verhalten, wenn die verticalen Oscillationen des Rumpfes nicht sehr erheblich sind, wie $d'd'$ aber, wenn die Aenderungen der Supinationsstellung des Rumpfes weniger ins Gewicht fallen.

Alle die bei B dargestellten Einwirkungen sind schädliche, rückwärts gerichtete Widerstände; ihre Gesammtwirkung wird ge-

messen durch das ganze zwischen W_{foz} und dd resp. $d'd'$ liegende Kräftefeld. Dazu kommt die schädliche Einwirkung des auf den Punkt ε entfallenden Flügelwiderstandes, dargestellt durch die Kräftefelder *abc*, *de* und *fgh* in Fig. 23 *A*; der Summe aller dieser Kräftefelder der Einwirkungen — z auf Rumpf oder Flügelschwerpunkt müssen die Kräftefelder der Einwirkung z am Flügel, nämlich *cd* und *ef* an Grösse gleichkommen, wenn anders Gleichgewicht der äussern z-Kräfte und horizontaler Normalflug bestehen soll.

Wir wollen annehmen, dass die Curve des sagittalen Widerstandes W_{foz} und diejenige der sagittalen Componente von $W_{f\varepsilon z}$ annähernd richtig bestimmt, ebenso die Curve der resultirenden horizontal-sagittalen Kräfte am Flügelschwerpunkt aus der thatsächlich beobachteten Oscillationsbewegung zu dem mittleren querverticalen Niveau richtig ermittelt worden sei. Die Differenz zwischen der Wirkung von $W_{f\varepsilon z}$ auf den Flügelschwerpunkt und der resultirenden Einwirkung sämmtlicher Kräfte am Flügel kann nur durch weitere innere Kräfte, die vom Rumpf aus auf den Flügel wirken, ausgeglichen sein. Und zwar handelt es sich auch hier wieder:

1) um Hemmung der Centrifugalwirkung der vom Flügel erworbenen Geschwindigkeiten bei der Drehung um die o-Axe;

2) Ferner um diejenigen Einwirkungen des Rumpfes auf den Flügel, welche stattfinden müssen, damit das in Folge der übrigen Einflüsse mit gleichmässiger z-Geschwindigkeit fortbewegte Gelenkende des Flügels den resultirenden horizontalen Oscillationen des Rumpfes folgt.

3) Es kommt aber ausserdem noch in Betracht eine innere Gelenkaxenkraft, welche durch das Gewicht des Flügels hervorgerufen wird. Sobald nämlich die Längslinie des Flügels nicht mit der qv-Ebene zusammenfällt, hat der Theil des Flügelgewichtes, welcher durch o auf den Rumpf wirkt, eine z Componente

$$F_{oz} = F \frac{l}{\lambda} \cos \alpha . \sin \alpha . \cos b \text{ (S. pg. 297).}$$

Die Uebertragung dieses Theils der Wirkung der Schwere am Flügel auf den Rumpf geschieht in der Weise, dass er sich als Druck oder Zug des Gelenkendes des Flügels im Gelenk gegenüber dem Rumpf äussert und durch eine entsprechende Gegenwirkung

des Rumpfes im Gleichgewicht gehalten wird. Der Rest der nothwendigen Einwirkung innerer Kräfte in der z-Richtung auf den Flügelschwerpunkt kommt auf Rechnung der Kraft $G_{\varepsilon z}$.

c. Berechnung von $G_{\varepsilon q}$ und — $G_{\varepsilon q}$.

Wie diese Grössen durch $G_{\varepsilon v}$ und $G_{\varepsilon z}$ bestimmbar sind, wurde bereits S. 307 erörtert. Besser als durch Rechnung geschieht die Bestimmung an einem Phantom, welches wesentlich die um einen festen Punkt o drehbare Flügellängslinie und 3 Hauptebenen durch o markirt.

Damit ist ein wichtiger Theil unserer Aufgabe gelöst. Wir haben gezeigt, wie bei Kenntniss der Form der symmetrischen Flugmaschine und ihrer Bewegung die resultirende innere Gelenkdrehkraft bestimmt werden kann, jene Kraft, welche in ε tangential zu der durch diesen Punkt um o gelegten Kugelfläche wirkt und alle inneren Gelenkdrehkräfte hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Drehung des Flügels um eine zu seiner Längslinie senkrechte Axe in o ersetzt.

6. Natur der innern Gelenkdrehkräfte.

Die Drehung der Längslinie des Flügels um den Punkt o kann thatsächlich, soweit es sich um innere Kräfte handelt, durch passive Hemmungsapparate, (Bänder- und Knochenhemmung, entgegenstehende Weichtheile, Haut, Bindegewebe, elastische Rückwirkung passiv zusammengepresster oder gedehnter Theile u. dgl.) gehemmt oder befördert werden. Sodann kommt die Spannung von passiv gedehnten Muskeln in Betracht. Endlich die Reibung an den Gelenkflächen.

Wenn man aber annimmt, dass beim gewöhnlichen normalen Fluge der Flügel nicht die Grenzen seines Verkehrsgebietes erreicht, also niemals so weite Excursionen von der Gelenkmittelstellung aus macht, dass seine Drehbewegung um irgend eine zu ihm senkrecht stehende Gelenkaxe durch die Gelenkverbindung selbst gehemmt wird; berücksichtigt man ferner, dass in der Regel das Bindegewebe und Fett zwischen den Muskeln am Schultergelenk durch Luft ersetzt, die Haut aber dünn und bei den gewöhnlichen Excursionen nicht gespannt ist, so folgt, dass ausserhalb des Gelenkes wesentlich nur die Spannung der Muskeln, an der Gelenkverbindung selbst nur die Reibung in Betracht kommen

kann. Die Reibung kann für's Erste vernachlässigt werden. (Ich behalte mir übrigens vor, über die Einrichtung des Schultergelenkes der Vögel an anderer Stelle einige genauere Mittheilungen zu machen). Das Ergebniss unserer Untersuchung würde also sein: die Bestimmung der in jeder Phase in einer Tangentenrichtung durch ε nothwendigen Muskelspannung nach Grösse und Richtung und die Bestimmung des Drehungsmomentes dieser Muskelkräfte mit Bezug auf die Drehung des Flügels um zwei ein für allemal bestimmt definirte Hauptgelenkaxen, welche zu einander und zur Längslinie des Flügels senkrecht stehen [1]).

Es erübrigt noch zu untersuchen, ob die innern Gelenkdrehkräfte nicht auch noch eine drehende Einwirkung um die Flügellängslinie haben. Nur wenn dies nicht der Fall ist, werden sie durch $G\varepsilon$ und — $G\varepsilon$ vollständig ersetzt. Haben sie aber eine pronirende oder supinirende Einwirkung auf den Flügel, so wird ihre Wirkung ersetzt durch eine Kraft $G_{\mu tg}$, welche in der ε Tangentenebene parallel zu G_ε in gleicher Grösse und Richtung, aber in einem bestimmten Abstand k von ε wirkt, und durch die entsprechende Gegenkraft am Rumpfe.

$G_\varepsilon k$ ist dann das resultirende Moment des Einflusses sämmtlicher inneren Gelenkdrehkräfte auf die Drehung des Flügels um seine Längsaxe, $G_\varepsilon \,.\, \lambda$ unter allen Umständen das Moment der Drehung parallel der Kraftebene der in ε angreifenden Kraft G_ε. (Vgl. pg. 291 und ff.).

Wir haben in unseren speziellen Ausführungen bis jetzt die Einwirkungen der inneren Gelenkdrehkräfte auf die Längsrotation des Flügels vernachlässigen können, weil thatsächlich durch sie

---

[1]) Marey und Tatin sind der Meinung, dass auf den Flügel wesentlich nur niederziehende und hebende Muskelkräfte einwirken. Die in der z-Richtung nothwendigen Gelenkdrehkräfte müssten dann durch passive Einflüsse (Bänder- und Knochenhemmungen) vermittelt sein. Ich bin aber der Meinung, dass beim gewöhnlichen Fluge auch der horizontale sagittale Ausschlag des Flügels nicht bis zu den Grenzen des Excursionsgebietes erfolgt, vielmehr innerhalb desjenigen Verkehrsgebietes sich hält, bei welchem die Drehbewegungen im Gelenk so gut wie ungehemmt vor sich gehen können. Demnach müssen es die Muskeln sein, welche die z-Componenten der innern Gelenkdrehkräfte liefern. Eine grössere Rolle spielen die passiven Hemmungen höchstens nur für das Ende des Niederschlages und der Vorführung des Flügels. Dieser Punkt soll später noch etwelche Berücksichtigung finden.

die Bewegung des Flügel-Rumpfschwerpunktes nicht beeinflusst wird. Wohl aber spielen diese Drehkräfte mit Bezug auf die Regulation der Flügelstellnng bei ihrer Bewegung gegen die Luft eine grosse Rolle. Für die Bewegung des Rumpfes ist es dagegen weniger wichtig, ob die Kraft $G_{\mu tg} \parallel G_{\varepsilon}$ mit G_{ε} zusammenfällt oder in einiger Entfernung von dieser Kraftlinie auf den Rumpf einwirkt.

δ. Die pronirenden und supinirenden Kräfte am Flügel und die Einflüsse, welche den Rumpf und das ganze System zu drehen streben.

a. Rotirende Einflüsse am Flügel.

Die gesammte Drehung des Flügels ist pro Periode resultirend $= o$. Der Flügel hat je nach einer Periode genau wieder dieselbe relative Stellung zum Rumpf. Wird die Drehung in Drehungen um 3 Axen von gleichbleibender Richtung zerlegt, so ist auch bezüglich jeder dieser Axen die Drehung pro Periode $= o$ oder 360°. Nicht dasselbe kann gelten für 3 Axen, die zwar stets zu einander senkrecht stehen, aber ihre Richtung im Raum von Moment zu Moment ändern, wie dies bei den o-Transversalaxen des Flügels und der Längsaxe der Fall ist. Es lässt sich zeigen, dass der Flügel nicht seine ursprüngliche relative Stellung zum Rumpf wiedererlangen würde, wenn er bloss durch Kräfte, die in der Längsaxe angreifen, herumgeführt würde. (Solches ist leicht ersichtlich, wenn man sich z. B. den Flügel in dieser Weise entlang den 3 Seiten eines von 3 zu einander senkrechten Meridianen umschlossenen Kugeloctanten herumgeführt denkt).

Wenn der Flügel so bewegt wird, dass die Sagittalprofile dieselbe Richtung beibehalten, so ist mit der Drehung um die Transversalaxen in o eine Längsrotation in supinatorischem Sinne verbunden, ebensowohl wenn die Flügellängslinie vorn sich senkt, als wenn sie hinten wieder in die Höhe geht, und eine Rotation in pronirendem Sinn, wenn sie nach vorn von der qv Ebene durch o sich hebt oder hinter ihr sich senkt.

Da nun thatsächlich am Ende des Niederschlages die Flügellängslinie vor der qv Ebene liegt, andererseits aber die Sagittalprofile pronirt werden, so müssen hier die Kräfte, welche auf den Flügel einwirken, neben der drehenden Wirkung um transversale Axen zwar vielleicht Anfangs noch eine geringe supinatorische Längsdrehung hervorrufen, zuletzt aber wirklich den Flügel in

pronirendem Sinne um seine Längsaxe drehen, wenn der Flügel gegen die *qv* Ebene zurückgeführt wird.

Bei der Flügelhebung aber, bei welcher anfangs eine rasche Umstellung der Sagittalprofile des Flügels in supinatorischem Sinne nothwendig ist, müssen die Kräfte, welche den Flügel in supinirendem Sinne drehen, um so erheblicher sein, zum mindesten wenn sich die Flügellängslinie hinter der *qv*-Ebene befindet.

Der Niederschlag beginnt mit einem noch etwas adducirten Flügel; falls die Supinationsstellung der Sagittalprofile dieselbe bleibt, müssen jetzt die Kräfte am Flügel eine geringe pronirende Einwirkung haben. Dasselbe gilt für den Beginn der Hebung, falls dabei die Pronationsstellung der Sagittalprofile sich nicht ändert und die Flügellängslinie noch vor der *qv* Ebene liegt (letzteres halte ich übrigens beim normalen Horizontalflug im Allgemeinen nicht für wahrscheinlich).

Der Angriffspunkt des Widerstandes liegt im Allgemeinen eher etwas nach hinten von der Längslinie (Schwerpunktshalbmesser) des Flügels, so dass der Widerstand wohl meist — abgesehen von dem Moment der steilsten Hebung des Flügels — eine rotatorische Nebenwirkung im Sinne der Pronation auf den Flügel als Ganzes hat. Man darf daher erwarten, dass die Muskeln, die auf den Flügel einwirken, im Allgemeinen eher ein supinirendes als ein pronirendes Moment haben. Ich habe vor Jahren Untersuchungen über die disponiblen Muskelkräfte am Schultergelenk einiger Vögel angestellt und meine Messungen auch (bei Buteo lagopus) auf die disponiblen rotirenden Kräfte am Flügel ausgedehnt. Ich fand — damals zu meinem grossen Befremden —, dass fast alle Parthien des grossen Brustmuskels (am meisten die Fasern, welche an der versteckten Fläche des Muskels zunächst dem *m*-Subclarius liegen, von dem Gabelknochen entspringen und sich an der Crista inferior humeri festheften), nicht, wie ich erwartete pronirend, sondern supinirend auf den Flügel bei den verschiedensten Stellungen desselben einwirken müssen. Sehr starke Supinatoren sind natürlich auch die vom Schulterblatt entspringenden und an der oberen Peripherie des humerus sich ansetzenden Muskeln, welche bei der ersten Hebung und Umrollung des Flügels betheiligt sind. Ihre rotatorische Wirkung bei der Flügelhebung wird vermuthlich durch die *MM.* coracobrachiales unterstützt. Pronatorisch wirkt dagegen der *M.* teres major.

b. Drehende Einflüsse am Rumpf und am ganzen System.

Der Rumpf kann bei symmetrischer Wirkung der Kräfte nur Drehungen parallel der Medianebene ausführen.

Aber auch von der Drehkraft am Flügel, welche in drei parallel den 3 Hauptebenen drehende Drehkräfte zerlegt werden kann, kommt nur die Componente parallel der zv-Ebene in Betracht, sobald wir nicht die drehende Einwirkung auf den einzelnen Flügel, sondern auf den Doppelflügel oder auf die Gesammtmasse ins Auge fassen. Und ebenso repräsentirt bei der Drehung des Flügels um eine transversal zum Flügel verlaufende Axe nur derjenige Theil der Drehung eine wirkliche Drehung des Doppelflügels, welcher (bei der Zerlegung der Drehung nach den 3 Hauptebenen) parallel der zv-Ebene oder um eine q-Axe erfolgt.

Mit dem Abstand der resultirenden Gelenkdrehkraft in der ε Tangentenebene von ε, oder mit ihrem rotirenden Einflusse auf den Flügel ändert sich natürlich auch die Wirknng der Gegenkraft auf den Rumpf. Man könnte auch die letztere ($-\ G_{\mu tg}$) ersetzen durch eine Kraft G_ε und eine Drehkraft in der ε Tangentenebene, deren Moment $= -\ G_{\mu tg} \,.\, k$ ist. Aber während nun für die Wirkungsweise des Flügels gegen die Luft eine kleine resultirende Umänderung der Rotationsstellung und deshalb auch eine geringe Verschiebung der Richtungslinie der Muskeln gegenüber der Längslinie bedeutend ins Gewicht fällt, sind dieselben Aenderungen an den auf den Rumpf wirkenden Gegenkräften im Verhältniss zu den übrigen drehenden Einflüssen von geringerem Belang.

Aenderungen in der relativen Bewegung der Fügellängslinie und in der Stellung der Flügelflächen während der einzelnen Phasen haben für die Drehung des Rumpfes einen viel grösseren Einfluss; desgleichen die thatsächlich vorkommenden Verschiedenheiten in der Richtung und Angriffsweise des Luftwiderstandes am Flügel und in der Lage des Schultergelenkes zum Rumpfschwerpunkt.

Alle diese Faktoren aber stehen, wie mir scheint, in einem gewissen Abhängigkeitsverhältniss zu einander, durch welches erreicht wird, dass pro Periode nicht bloss die Drehung des Rumpfes, sondern dass auch die Drehung des ganzen Apparates um seinen Schwerpunkt $= o$ ist, und zwar bei möglichst geringen oscillatorischen Drehungen des Rumpfes.[1])

---

[1]) Auf den Rumpf wirken folgende Kräfte:
1) die eigene Schwere,

Wären nur innere Kräfte wirksam, so würde jeder Drehung des Doppel-Flügels um die q-Axe eine entsprechende Gegendrehung des Rumpfes in jedem Augenblicke entsprechen, in jedem Moment wäre Gleichgewicht der Drehung vorhanden. Der Rumpf würde natürlich entsprechend seiner grösseren Masse einen viel geringeren Winkelbetrag der Drehung zeigen, als die Flügel. Eine Drehung der Gesammtmasse als solcher würde nicht zu Stande kommen. Es haben jedoch die äusseren Kräfte Einfluss auf die Drehung des Ganzen (um die q-Axe).

Die äusseren Kräfte des Systems, welche eine Drehung des Ganzen um eine durch den Gesammtschwerpunkt Σ gehende q-Axe hervorzurufeu vermögen, sind:

1) die sagittalen Componenten des Flügelwiderstandes in der ε Tangentenebene und in o,

2) die zv-Componenten des Rumpfwiderstandes.

Je grösser der Abstand dieser Kräfte vom Gesammtschwerpunkt ist, desto grösser ist ihre drehende Einwirkung.

Die zv-Componenten des Flügelwiderstandes in ε können an und für sich in ziemlich gleicher Weise entwickelt werden, ob nun der Flügel annähernd in derselben Ebene auf- und niederschlägt, oder mehr im Kreise herumgeführt wird. Was sich dabei aber in bedeutungsvoller Weise ändert, ist der Abstand jener ε-Componenten des Flügelwiderstandes von der durch Σ gelegten q-Axe.

Wenn nun auch durch Vorführung des Flügels der gemeinsame Schwerpunkt mit vorgeführt wird, so doch weniger als der Flügelschweipunkt und noch weniger als der Angriffspunkt des Flügelwiderstandes. Wenn die Projektion von $W_{f\varepsilon}$ auf die Sagittalebene annähernd vertical ist, oder gar bei gehobenem Flügel (wegen Supination) aufwärts rückwärts, bei gesenktem Flügel (wegen Pronation) vorwärts aufwärts gerichtet, so wird der Flügelwiderstand mit zunehmender Vorführung des Flügels beim Niederschlag eine um so grössere Drehungseinwirkung in supinatorischem Sinne auf das Ganze haben.

---

2) der variable durch o auf den Rumpf sich übertragende Antheil des Flügelgewichtes,
3) der Rumpfwiderstand,
4) durch o ein Theil des Flügelwiderstandes,
5) durch o die Centrifugalwirkung des Flügels,
6) durch o die Kraft — Df,
7) — $G_{\mu tg}$ in der ε-Tangentenebene.

Als wesentlichste Gegenmittel hiergegen kann nur die *Vermehrung des auf die hinteren Theile des Rumpfes von unten wirkenden Widerstandes* in Betracht kommen.

Einem stärkeren nach vorn Herumgeführtwerden des Flügels beim Niederschlag muss eine Vergrösserung der Widerstandsflächen an den hinteren Theilen des Rumpfes entsprechen, eine constante oder eine vorübergehende, je nachdem jene erste Eigenthümlichkeit eine constante oder vorübergehende ist; eine Vermehrung der Schwanzfedern, namentlich aber Verlängerung derselben, ausgiebige vorübergehende Ausbreitung und Ventralablenkung, das alles vermehrt bleibend oder vorübergehend den pronirenden Einfluss des Rumpfwiderstandes.

Wir sehen wirklich, z. B. bei den langschwänzigen Elstern, eine besonders stark ausgeprägte radschaufelartige Niederbewegung der Flügel, an der Seite des Rumpfes, also eine besonders grosse Bewegung um die q-Axe.

So besteht zwischen der Beschaffenheit des Schwanzes und der Form der relativen Bewegung des Flügels, in Folge davon auch der Anordnung der Muskeln eine bemerkenswerthe Correlation. Es kommt auch der Widerstand, den der Flügel am Beginn der Hebung an seiner Dorsalfläche erfährt, in Betracht.

Es genügt natürlich, wenn periodisch das Gleichgewicht der drehenden Einflüsse der äusseren Kräfte um die q-Axe vorhanden ist.

Starke Vorführung des Flügels beim Niederschlag, ein ausgeprägtes radschaufelartiges Vornherumgreifen der Flügel, eine deutliche Circumductio, ein solches Verhalten muss naturgemäss, wenn nicht corrigirende Verhältnisse des Rumpfwiderstandes vorhanden sind, zu einer wirklichen Supination des Ganzen, ja unter Umständen zu einem vollständigen Ueberpurzeln führen.

So habe ich mitten in einem Schwarm von Tauben, die sich in der Morgensonne tummelten, ein Exemplar von Zeit zu Zeit sich rückwärts überschlagen sehen. Wollen Vögel z. B. zum Flug in die Höhe ihren Rumpf stärker supinatorisch aufrichten, so führen sie ihre Flügel besonders weit vorn und unten herum. Dies geschieht besonders deutlich, wenn sie mitten im Ruderfluge aus der absteigenden Bewegung rasch in eine aufsteigende übergehen. Hängt man einen Vogel in einer Jacke so auf, dass er zu sehr vorn über geneigt ist, so wird er mit den Flügeln sehr weit nach vorn ausgreifen um sich besser aufzurichten (s. pg. 230 und 251). Es bewirkt umgekehrt ein Flügelniederschlag mit stark adducirtem

Flügel eine stärkere Pronation des Ganzen und des Rumpfes. Sind nun auch die drehenden Einflüsse des Flügelwiderstandes auf die Gesammtmasse nicht immer in besonderer Stärke und Einseitigkeit thätig, so sind doch kleinere, schwankende Einflüsse dieser Art immer vorhanden. Sie reguliren und corrigiren sich dann gleichsam selbst, indem ihr Angriffspunkt im Mittel höher liegt, als der Gesammtschwerpunkt, indem jede wirklich erfolgende Drehung bewirkt, dass die im folgenden Momente nothwendigen äusseren Widerstandskräfte, die ja wesentlich dieselben sein sollen, ob nun das Ganze mehr oder weniger gedreht ist, in einem kürzeren Abstand vom Gelenke wirken, da ja die Drehung so erfolgt, dass der Angriffspunkt des Widerstandes relativ zum Gesammtschwerpunkt nach oben oder nach oben vorn geht, resp. in seiner Abwärts-Rückwärtsbewegung mehr zurückbleibt. Dies ist der Umstand, welcher die tiefe Lage des Rumpfschwerpunktes mit Bezug auf das Schultergelenk und die Lage desselben hinter dem Schultergelenk als eine nützliche Einrichtung erscheinen lässt.

Die Thatsache ist von vielen Forschern erkannt, aber nicht immer auf die einfachste und correkteste Weise gedeutet worden.

Man hat gesagt: der Rumpf sei in den Gelenken oder am Gelenkende des humerus oder an dem Basalrande des Flügels aufgehängt. Richtiger ist es zu sagen: der Rumpf ist an den Stützpunkten der Flügel in der Luft aufgehängt, der Rumpfschwerpunkt liegt im Mittel tiefer als diese. Aber es ist auch wichtig, dass er nach hinten von ihnen liegt, und statt dass man bloss den Rumpfschwerpunkt berücksichtigt, muss man den Gesammtschwerpunkt ins Auge fassen, der nun freilich gerade dadurch möglichst weit nach hinten und unten vom Flügelschwerpunkt verlegt wird, dass der Rumpfschwerpunkt von dem Gelenk nach dieser Richtung hin weit entfernt ist, andererseits auch dadurch, dass die Excursion des Flügels nicht zu weit nach hinten unten ausgedehnt wird. Dadurch wird bewirkt, dass die Gesammtmasse gegenüber den hauptsächlich treibenden äusseren Kräften, nämlich dem Flügelwiderstande, und auch gegenüber der ganzen resultirenden Einwirkung sämmtlicher äusseren Kräfte im stabilen Gleichgewicht sich befindet, während mit Bezug auf einzelne kleinere äusseren Kräfte, z. B. den Rumpfwiderstand, solches nicht der Fall zu sein braucht und nicht der Fall ist.

ε. Rückblick und Hinweis auf weitere Ziele der Untersuchung.

Wir haben die Analyse der mechanischen Verhältnisse des Vogelfluges so weit durchgeführt oder doch die Mittel und Wege derselben so weit erläutert, als dies ohne Zuhülfenahme von physiologischen Hypothesen, einzig auf Grund einer genauen Kenntniss der Beschaffenheit des Flugapparates und der Form seiner Bewegung möglich ist. Jede Verbesserung unserer Kenntniss von den Gesetzen des Luftwiderstandes, jeder neue Beitrag für ein genaueres Verständniss der Form der Flugbewegung muss natürlich unseren Einblick in das Wechselspiel der inneren und äusseren Kräfte beim Flug in entsprechender Weise fördern.

Der Nutzen einer auf die angedeutete Weise durchgeführten Analyse ist nicht zu unterschätzen. Wir gewinnen durch sie die Möglichkeit, auch für nicht direkt in ihrer Thätigkeit zu verfolgende Flugmaschinen, welche sich durch periodische symmetrische Thätigkeit mit bestimmter Geschwindigkeit horizontal fortbewegen, die nothwendigen relativen Bewegungen der Maschine und weiterhin die in jedem Moment nothwendigen inneren Gelenkdrehkräfte in der ε Tangentenebene zu bestimmen: also für jeden Moment die Grösse einer bestimmten Kraft und Gegenkraft $G_{\mu tg}$ und $-G_{\mu tg}$ und die Linie ihrer Wirkung. Es ist dann zugleich die Grösse der thatsächlichen Verschiebung der Ansatzpunkte dieser Kraft gegeneinander bekannt, also die Grösse der von den Motoren der Maschine in jedem Moment am Schultergelenk *resultirend* zu leistenden *äusseren* Arbeit. Denn diese bleibt sich gleich, in welcher Weise auch die genannte resultirende Gelenkdrehkraft thatsächlich hervorgerufen sein mag. Was durch grössere Hebelarme an Spannung erspart wird, geht auf der andern Seite durch entsprechend grössere Excursion verloren.

Bestimmung der resultirend in jeder Phase von den Gelenkdrehkräften geleisteten äusseren Arbeit, das ist also das Resultat unserer bisherigen Untersuchung. Nichts liegt näher, als nun die *Verhältnisse der Motoren* ins Auge zu fassen, welche eine derartige Arbeit thatsächlich leisten, oder bei einer Flugmaschine von bestimmten Verhältnissen verwendet werden müssen: die Art ihrer Disposition, die Grösse ihrer Leistung, die nothwendigen Hülfsapparate zur Uebertragung der Arbeit und zur Speisung der Motoren, den zur Regulation der Bewegung noth-

wendigen Mechanismus, bei der organisirten Flugmaschine gleichzeitig auch noch den Nebenapparat zum Wiederersatz der abgenutzten Theile, das Gewicht aller dieser Theile, endlich das für andere Zwecke noch disponible Volum und Gewicht und die Grenzen der Ausführbarkeit einer derartigen Maschinerie durch die Natur oder durch die Technik.

Diese Fragen sind unzweifelhaft das letzte und wichtigste Ziel bei der Untersuchung der Flugbewegung, wichtig vielleicht für die Frage der Luftschifffahrt, ganz sicher aber für die Biologie.

Bei künstlichen Motoren giebt vielleicht die Erfahrung gewisse Anhaltspunkte dafür, wie sich der theoretisch berechnete Nutzeffekt eines Motors zu der Arbeit verhält, die er bei möglichst vortheilhafter Einfügung in einen Mechanismus thatsächlich zwischen zwei Punkten der Maschine in bestimmter Richtung zu leisten vermag, und auch das Gewicht des Motors, der Hülfs- und Nebenapparate lässt sich annähernd berechnen.

In wie weit die Techniker diese Verhältnisse a priori auf Grund der bekannten Eigenthümlichkeiten des Motors und der für jede einzelne Phase der Bewegung bekannten nothwendigen resultirenden Arbeit an einem bestimmten Punkt der Maschine zu berechnen vermögen, und in wie weit sie solches zu berechnen pflegen, kann ich nicht beurtheilen.

Jedenfalls ist bei nicht vollkommen Sachverständigen vielfach die Annahme verbreitet, dass durch Hülfe von Uebertragungen die Form der mechanischen Arbeit in beliebiger Weise umgeändert werden könne, Arbeit mit hoher Spannung und geringer Excursion in solche von grosser Excursion und geringer Spannung und umgekehrt. Man unterschätzt hier die praktischen Schwierigkeiten. Für jeden Motor giebt es ein günstigstes Verhältniss, bei welchem er das Maximum der Arbeit leistet, und dieses Verhältniss besteht in einer ganz bestimmten gesetzmässigen Abänderung der Excursionsgeschwindigkeit und der Spannung nach der Zeit. Die an irgend einem Angriffspunkt nothwendige Arbeit aber kann möglicherweise schon allein der Grösse nach in einem andern Verhältniss sich ändern. Schwungräder können zwar unter Umständen ermöglichen, dass der Motor unter günstigen Verhältnissen arbeitet, dass seine Arbeit sich aufspeichert und in beliebigen Quantitäten wieder abgegeben werden kann; aber dass sie auch zugleich in beliebig wechselnder F o r m abgegeben werden kann, solches würde sich ohne die kunstvollsten variabeln Steuerungen nicht zu gleicher Zeit erreichen lassen. Besondere Arbeitsammler aber und Steuerungs- oder Regulir-

apparate verzehren immer einen Theil der Leistung der Motoren und sind besonders da kaum anwendbar, wo das Gewicht der ganzen Maschine möglichst klein bleiben soll.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei den Muskeln. Die Theorie sagt, dass durch Abänderung des Hebelarms jede beliebige Abänderung der Form der Muskelarbeit möglich ist. Aber der Abstand eines Muskels vom Gelenk kann nun eben nicht von Moment zu Moment in jeder beliebigen Weise sich ändern. Es wäre deshalb wohl denkbar, dass die Muskeln bald unter günstigen, bald unter ungünstigeren Verhältnissen arbeiten.

A. Fick hat experimentell die Umstände zu ermitteln gesucht, unter denen ein Muskel im Verhältniss zum Stoffumsatz (Wärmeentwickelung) die grösste mechanische Arbeit leistet. Genauere theoretische Untersuchungen aber über die Bedingungen, von denen der grössere oder geringere Nutzeffekt der Muskelthätigkeit abhängt, und darüber, in wie weit an irgend einem Gelenk die Muskeln in dieser Beziehung günstig oder ungünstig angeordnet sein können, sind nicht angestellt worden.

Diese Fragen sollen im folgenden Haupttheil dieser Schrift diskutirt werden.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena.



Ueber den Flug der Vögel.

Ein Beitrag zur Erkenntniss der mechanischen und biologischen Probleme der activen Locomotion.

Von

Dr. H. Strasser,

a. o. Prof. an der Universität Freiburg i. B.

(Fortsetzung von Bd. XIX. N. F. XII S. 327 dieser Zeitschrift.)

III. Die nothwendige Menge und Vertheilung der Muskulatur.

A. Allgemeiner Theil.

1. Versuch Prechtl's, die Muskelkraft beim Flug zu bestimmen.

Ich will keine Geschichte der Dynamik des Fluges liefern, erinnere aber beiläufig an den bekannten, unglücklichen Versuch Borelli's, die beim Fliegen vom Vogel aufgewendete Muskelkraft zu schätzen [1]). Von den späteren Abhandlungen über diesen Gegenstand ist diejenige von Prechtl die anscheinend gründlichste; es mag genügen wenn wir uns mit ihr allein eingehender beschäftigen.

Prechtl [2]) hat für den normalen horizontalen Flug (den er als Normalflug bezeichnet) eine sehr einfache Relation aufgestellt: Nach ihm ist die Arbeitsleistung der Muskulatur, welche den Flügelniederschlag besorgt, der Arbeit gleich, welche der Flügel entgegen dem Luftwiderstand leistet, diese aber $= P \frac{1}{2} g \tau^2$ (wobei P das Gesammtgewicht und τ die Zeit der Flügelhebung bedeutet) oder, was dasselbe sei, gleich der Höhe, um welche der Körper während der Flügelhebung sinkt. Dabei macht Prechtl die Voraussetzung, dass die Hebung des Flügels ohne Widerstand der

[1]) Borelli, De motu animalium. Cap. XXII, prop. 193 u. 194.

Man vergl. hierüber: Jos. E. Silberschlag, Schriften der Berl. Ges. Naturf. Freunde. 1774. Bd. II. pg. 214—270, ferner

Nik. Fuss, Nova acta soc. sc. imp. Petropol. T. XV. 1806. pg. 88 (Petersburger Denkschriften 1799),

Giraud-Teulon, l. c. pg. 27 und

Marey, La machine animale.

[2]) Prechtl, l. c. II. u. III. Cap. d. Mechanik d. Fluges, pg. 155 ff. u. XII. Cap. pg. 247 ff.

Luft erfolge und dass resultirend keine verticale Componente eines Luftwiderstandes am Rumpfe vorhanden sei. Wir wollen diese Voraussetzungen für einen Augenblick als richtig anerkennen.

Man muss sich nun vor Allem vergegenwärtigen, dass durch den Niederschlag des Flügels entgegen dem Widerstande der Luft in verticaler Richtung Arbeit geleistet wird, die in jedem kleinsten Zeittheilchen und für jedes Flächenstück durch das Produkt aus der Grösse der verticalen Componente des Widerstandes an diesem Flächenstück und dem in verticaler Richtung von ihm vertical abwärts zurückgelegten Wege gemessen wird. Es ist nun selbstverständlich, dass entsprechend der verticalen Arbeit, welche der Vogel durch den Flügel gegenüber dem auf seine Unterseite wirkenden Luftwiderstande leistet, und gleichzeitig mit dieser Arbeit eine Verminderung der nach unten gerichteten lebendigen Kräfte des Systems oder eine entsprechende Vermehrung der aufwärts gerichteten stattfinden, oder dass ein Zuwachs abwärts gerichteter lebendiger Kräfte gleichsam statu nascendi unterdrückt oder ein Verbrauch aufwärts gerichteter lebendiger Kräfte compensirt werden muss; kurzum, man muss annehmen, dass eine entsprechend grosse Gegenleistung am System nach oben erfolgt. So weit befinden wir uns wohl mit Prechtl in Uebereinstimmung. Wie berechnet sich nun der Gewinn an aufwärts gerichteter Energie, welchen der Vogelkörper durch die vom Flügel am Luftwiderstand geleistete Arbeit erfährt? Würde der ganze Körper mit dem Flügel starr verbunden sich bewegen, also zu Anfang und Ende des Niederschlages die verticale Geschwindigkeit 0 haben, so würde der erwähnte Gewinn darin bestehen, dass das System vom Gewicht P eine bestimmte verticale Strecke h abwärts unter der Einwirkung der Schwere zurückgelegt hat, ohne einen Zuwachs an abwärts gerichteter lebendiger Kraft, der $= Ph$ sein müsste, zu erfahren.

In Wirklichkeit aber liegen die Verhältnisse des ganzen Systems anders.

Wir haben bereits in der Einleitung nachgewiesen, dass ein System, welches frei in der Luft der Schwere überlassen ist und nur periodisch, nach Unterbrechungen, stossweise durch eine vertical aufwärts gerichtete Kraft in dasselbe Niveau zurückgebracht wird, bei Beginn der Einwirkung dieser Kraft jeweilen in Abwärtsbewegung, am Ende der Einwirkung in Aufwärtsbewegung begriffen sein mus.

In Fig. 24 ist xX die Abscisse der Zeit, die Curve stellt

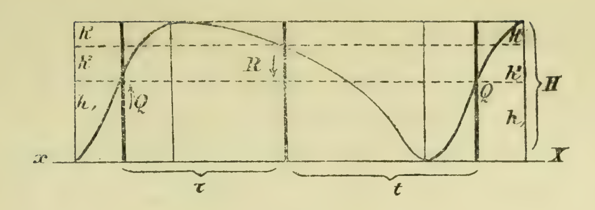


Fig. 24.

die verticale Oscillation des Gesammtschwerpunktes Σ des Vogels in der Zeit dar, t entspricht dem Flügelniederschlage, τ der Hebung; im Beginn von t findet sich der Gesammtschwerpunkt Σ in der Höhe $h_1 + h_2$ und hat die abwärts gerichtete Geschwindigkeit r oder die lebendige Kraft $R = \frac{1}{2} \frac{P}{g} . r^2$; am Ende von t ist Σ in der Höhe h_1 und hat die aufwärts gerichtete Geschwindigkeit q und die lebendige Kraft Q. Da in der Zeit τ nur die Schwere wirkt, so ist $Q = P(h_2 + h_3)$ und $R = P . h_3$. Der Gewinn an aufwärts gerichteter Energie, welchen das ganze System erfährt, besteht also:

Während Σ noch sinkt:

1. in der Annullirung der abwärts gerichteten lebendigen Kraft $R = Ph_3$
2. in der Annullirung des Zuwachses an abwärts gerichteter lebendiger Kraft, welche das System durch die Schwere erfahren muss, indem es in der Richtung ihrer Einwirkung um die Höhe $h_2 + h_1$ sinkt. Dieser Betrag $= P(h_1 + h_2)$

Während Σ steigt:

3. in der Ertheilung einer aufwärts gerichteten lebendigen Kraft $Q = P(h_3 + h_2)$ an das System,
4. in der Verschiebung des Ganzen entgegen der Schwere um die Höhe h_1 nach oben, wobei eine aufwärts gerichtete lebendige Kraft $= Ph$. absorbirt wird.

Die ganze Leistung nach oben, welche allein der vom Flügel gegenüber der Luft geleisteten Arbeit A absolut gleichgesetzt werden kann:

$$= P(h_3 + h_1 + h_2 + h_3 + h_2 + h_1) = P . 2(h_3 + h_2 + h_1).$$

und wenn $H = h_3 + h_2 + h_1$

$$A = P . 2H$$

Diese Berechnung ist nur dann richtig, wenn der ganze Körper ohne Unterbrechung sinkt und ohne Unterbrechung steigt, was ohne grossen Fehler angenommen werden darf. Dasselbe Resultat

ergiebt sich unter derselben Bedingung für $Q > R$; ferner für den auf- oder absteigenden Normalflug, also ganz allgemein, wenn unter $2\,H$ die ganze absolute Länge des in verticaler Richtung pro Periode zurückgelegten Weges verstanden ist.

Fällt beim normalen horizontalen Flug der Hochstand von Σ in die Mitte der Hebung, so ist $R = Q = P . h_3 = P . \frac{1}{2} g \left(\frac{\tau}{2}\right)^2, h_2 = o.$ Für $h_3 = h_1 = \frac{H}{2}$ ist dann absolut $A = 4\,P. = P . \frac{1}{2} g \ \left(\frac{\tau}{2}\right)^2$ $= P \frac{1}{2} g \tau^2$, was mit der Annahme von Prechtl stimmt. Diese Bedingung braucht aber durchaus nicht erfüllt zu sein. Prechtl selbst nimmt an, dass der Widerstand bis gegen das Ende des Niederschlages rasch und nur zuletzt etwas langsamer zunehme. Dann müsste der Tiefstand von Σ nah ans Ende von t fallen, ganz am Schluss von t würde Σ allerdings wieder im Steigen begriffen sein. In diesem Fall wäre $Q > R$, h_1 sehr klein und H nahe $= \frac{1}{2} g \tau^2$, also A nahezu $= P g\tau^2$. Prechtl ist allerdings der Meinung, dass bei seinen Voraussetzungen über den Widerstand der tiefste Stand des Rumpfes mit dem Beginn des Niederschlages zusammenfalle. Solches wäre nur annäherungsweise möglich, wenn fast der ganze Luftwiderstand im e r s t e n Moment des Niederschlages entwickelt würde. Auch in diesem Falle müsste $A > P \frac{1}{2} g\tau^2$ sein.

Es wird kaum Jemand die Annahme Prechtl's als richtig vertheidigen wollen, dass die verticale Geschwindigkeit des Ganzen zu Beginn des Niederschlages $= 0$ sei. Aber auch wenn Prechtl zu Beginn des Niederschlages eine abwärts gerichtete lebendige Kraft $= R$ und zu Ende desselben eine aufwärts gerichtete $= Q$ angenommen hätte, so würde er und mit ihm mancher Andere sicher anders geschlossen haben, als es im Vorigen von mir geschehen ist. Es liegt ja nahe, den Gewinn an aufwärts gerichteter Energie, welchen das System erfährt, aus folgenden Posten zu berechnen:

1) der Vernichtung von $R = P . h_3$
2) der Zufuhr der kinetischen Energie $Q = P . (h_2 + h_3)$
3) dem Gewinn an potentieller Energie $= P . h_2$.

Summa $= 2 . P\,(h_2 + h_3)$.

Diese Summe ist nun zwar unzweifelhaft das Mass der resultirenden Veränderung der dem Vogelkörper zukommenden verticalen Energie in der Zeit des Flügelniederschlages, aber nichts weniger als ein Mass für die in dieser Zeit vom Flügel gegenüber den Luftwiderständen geleistete Arbeit. Es liegt hier eine principielle

Frage vor, welche die grösste Bedeutung hat, z. B. für viele physiologische Versuche über die Arbeitsleistung des einzelnen Muskels und für die Theorie der oscillatorischen Bewegung überhaupt. Doch will ich dies in dieser Abhandlung nicht weiter ausführen, möchte vielmehr nur die prinzipielle Frage selbst der Prüfung der Fachmänner unterbreiten. Und nun kehre ich zu dem eigentlichen Gegenstand der Untersuchung zurück. So viel ist sicher: Prechtl gründet den grössten Theil seiner mathemathischen Theorie des Fluges auf durchaus fehlerhafte Voraussetzungen, nämlich auf die Annahmen, dass die verticale Bewegung des Ganzen im Beginn des Flügelniederschlages $= 0$ sei, die ganze Hebung während einer Periode also $= h - h_1$, wobei unter h^1 die Höhe der Abwärtsbewegung während der Flügelhebung $= \frac{1}{2} g \tau^2$ verstanden ist, h also die Hebung während des Niederschlages bedeuten muss, was wieder der Annahme entspricht, dass auch zu Ende des Niederschlages die verticale Bewegung des Ganzen $= 0$ ist. Es wird dann die verticale Arbeit des Flügels gegenüber dem Luftwiderstand, es wird A gleich Ph gesetzt. Prechtl muss dann weiter annehmen, dass beim normalen horizontalen Fluge $h = h^1$ ist, und gelangt auf diese Weise zu dem Schlusse, dass hier $A = P. \frac{1}{2} g \tau^2$ ist.

Nachdem diese sonderbaren Aufstellungen als unzulässig gekennzeichnet sind, fällt der grösste Theil des von Prechtl aufgestellten Gebäudes, zunächst Alles, was über die verticalen Arbeiten gesagt ist, in sich zusammen. Es ist kaum mehr nothwendig, darauf hinzuweisen, dass auch die im Eingang dieses Kapitels erwähnten ersten Voraussetzungen Prechtls von dem gänzlichen Fehlen eines verticalen Widerstandes am Flügel bei der Hebung, und am Rumpf zu irgend einer Zeit der Periode unzulässig sind. Später werde ich Gelegenheit nehmen, zu zeigen, dass Prechtl auch bei der Beurtheilung der Wirkung des Flügelschlages zur Vorbewegung von gänzlich irrigen Grundlagen ausgegangen ist, so dass sich auch dieser Theil seiner Theorie durchaus unbrauchbar erweist.

Gesetzt nun aber, es sei gelungen, zwischen der vom Flügel allein, beim Niederschlage gegenüber dem Luftwiderstand vertical abwärts geleisteten Arbeit einerseits, verschiedenen bekannten Faktoren, dem Gewicht des Thieres, seiner Flügelfläche und Flügellänge, dem Schlagwinkel, der Zahl der Flügelschläge, dem Verhältnisse $\frac{t}{\tau}$, den verticalen Oscillationen etc. andererseits eine cor-

rekte Beziehung auszurechnen, gesetzt der Fall also, die Grösse A sei richtig bestimmt oder bestimmbar, so kann diese Grösse doch nicht ohne Weiteres, wie Prechtl meint, der Muskelarbeit gleich oder proportional gesetzt werden.

Zwar ist für die Grösse der Muskelarbeit anscheinend gleichgültig, in welcher Weise die Muskeln disponirt und betheiligt sind. Aber es muss vor Allem berücksichtigt werden, dass neben der Arbeitsleistung in der verticalen und in der z-Richtung auch eine solche in der q-Richtung stattfindet, welche für das System nicht direkt nutzbar gemacht wird. Beim Niederschlage der Flügel zur Waagehalte werden die Lufttheilchen nicht bloss abwärts oder rückwärts, sondern auch nach aussen hin getrieben, beim Niederschlag aus der Horizontalebene dagegen einwärts. Beides stellt eine Arbeitsleistung dar, welche einen Mehraufwand von Mukselarbeit nothwendig macht, ohne dass sich daraus ein unmittelbarer Nutzen für die Bewegung des Ganzen ergiebt. Andererseits wird die Arbeit am Luftwiderstand nicht, wie Prechtl meint, einzig von den Niederziehern des Flügels geleistet. Ich will ganz davon absehen, dass die Schwere den Rumpf unter Arbeitsleistung gegenüber einem verticalen Luftwiderstand abwärts treiben kann. Aber auch bei dem Niederschlage des Flügels selbst ist nicht bloss der Muskelzug, sondern auch das Gewicht des Flügels F oder, sagen wir es genauer, der auf ε entfallende Theil desselben F^1 betheiligt.

Prechtl kommt freilich in dem VII. Capitel seiner Flugmechanik (l. c. pg. 217) auf sehr eigenthümliche Weise zu dem Schluss, dass der Antheil des Flügelgewichtes an der Widerstandsarbeit vernächlässigt werden könne.

Er setzt voraus, das der verticale Widerstand am Flügel beim Niederschlag gerade hinreiche, um im Mittel dem Gewicht des Flügels Gleichgewicht zu halten. Selbst wenn dies richtig wäre, so würde natürlich doch in der Richtung der Schwerebeschleunigung eine Verschiebung E des Flügels stattfinden, wobei nothwendig durch die Schwere ein Zuwachs an lebendiger Kraft $= F.^1 E$ zu Stande kommt, welcher dem Widerstand gegenüber verbraucht wird. $F.^1 E$ ist also der Antheil, welchen in diesem Falle die Schwere an der Widerstandsarbeit hat, nur der Rest kommt auf Rechnung des Muskels. Aber nun bedenke man, was geschieht, wenn beim Niederschlag der Flügelwiderstand im Mittel gerade dem Flügelgewicht Gleichgewicht hält, wie Prechtl meint! Was bleibt dann von der Einwirkung des Widerstandes noch übrig, um

das Flügelgewicht während der Flügelhebung und um das Rumpfgewicht während der ganzen Periode zu tragen?

2. Plan der eigenen Untersuchung.

Dieser Hinweis auf die Theorie von Prechtl möchte genügend sein, die von mir im Eingang zu dieser Schrift über sie geäusserte Meinung zu rechtfertigen. Man wird auch ohne Zweifel erkennen, dass der von mir im 2. Theil meiner Schrift eingeschlagene Weg zur Bestimmung der mechanischen Arbeit, welche in jedem einzelnen Moment der Periode von den inneren Kräften geleistet wird, der richtigere, vielleicht der allein richtige ist. Wenn die Kräftecurve der in die ε-Tangentenebene verlegten resultirenden inneren Kraft respective ihrer v-, z- und q-Componenten bekannt ist, ferner das in jedem Moment nothwendige Drehungsmoment parallel der ε-Tangentenebene um die Flügellängslinie, endlich die relative Excursion des Flügels zum Rumpf, so lassen sich daraus die in jedem Moment in den 3 Hauptrichtungen geschehenden Arbeiten dieser innern Kraft leicht berechnen. (Wir können dabei, wenn bis hier alles auf richtigen Grundlagen festgestellt worden ist, weiterhin die Arbeit zur Längsrotation des Flügels in vielen Fällen als eine geringe vernachlässigen). Wir sind dann aber in den Stand gesetzt, neben der zur Niederbewegung und Rückbewegung des Flügels nothwendigen Arbeit auch diejenige zur Hebung und Vorführung zu beurtheilen.

Man wird dieses Resultat unserer Untersuchung als ein erfreuliches bezeichnen dürfen. Ein ganz anderer und viel weniger strenger Massstab muss an die nachstehenden Erörterungen gelegt werden, die sich auf die Ermittelung folgender Verhältnisse beziehen:

1. Auf das Verhältniss der Muskelmenge des Thieres zu der beim Normalfluge geleisteten Muskelarbeit, oder zu dem Stoffumsatz.
2. Auf das Verhältniss des Stoffumsatzes in der Schultermuskulatur beim normalen Fluge zu der Muskelarbeit, so weit sie für die Muskeln selbst eine äussere ist.
3. Auf das Verhältniss der mechanischen oder äusseren Arbeit der Muskeln des Schultergelenkes zu der mechanischen Arbeit der gesammten Gelenkdrehkräfte an diesem Gelenk.
4. Auf das Verhältniss der Arbeit der Gelenkdrehkräfte zu der locomotorischen Leistung des ganzen Systems.

Hier stellen sich unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen.

Mit Bezug auf den vierten Punkt nämlich ist zu berücksichtigen, dass die Ueberwindung der Reibung einen Mehraufwand von Gelenkdrehkräften nöthig machen muss, und dass andererseits bei der Hemmung der relativen Bewegungen zwischen Rumpf und Flügel, namentlich bei der Hemmung des Flügelniederschlages, passive Widerstände eine gewisse Rolle spielen können. Soweit dieselben ausserhalb der Muskeln gelegen sind, bewirken sie eine entsprechend grosse Ersparniss an Muskelspannung.

Wir sind nicht im Stande, diese beiden Einflüsse genauer zu beurtheilen und bei verschiedenen Flugthieren und Flugarten gegeneinander abzuschätzen, und müssen den Fehler begehen, sie bei den folgenden Erörterungen einfach zu vernachlässigen.

3. Verhältniss des Stoffumsatzes zu der äusseren Arbeit der Muskeln.

Die Grösse des Stoffumsatzes in einem thätigen Muskel ist bekanntlich nicht ohne Weiteres jederzeit der vom Muskel nach aussen geleisteten mechanischen Arbeit gleich oder proportional. Stets wird neben der mechanischen Arbeit Wärme producirt, und es muss das Verhältniss dieser beiden Aeusserungen des Processes im Muskel je nach Umständen ein sehr verschiedenes sein. Der Muskel kann ja z. B. auf das Stärkste angestrengt, der Stoffumsatz in ihm kann sehr erheblich sein, während eine Verkürzung gar nicht eintritt, oder sogar eine Dehnung stattfindet, die vom Muskel geleistete äussere Arbeit also = 0 oder negativ ist.

Viel näher kommt man jedenfalls dem Wesen der Sache, wenn man bei gleicher mittlerer Länge der Muskeln ihren Stoffumsatz während bestimmter Zeit der in dieser Zeit producirten Wärme und diese der Spannung proportional setzt, welche in Folge der Behinderung der Contraction durch innere und äussere Widerstände entsteht, ferner aber der Zeit, während welcher diese Spannung andauert[1]).

---

[1]) In der That geht aus den Versuchen der Physiologen, insbesondere denjenigen Heidenhains hervor, dass der tetanisirte (andauernd maximal gereizte) Muskel in einer bestimmten Zeit um so mehr Wärme entwickelt und also auch einen um so grösseren Stoffumsatz zeigt, je stärker er gespannt ist. Aber es entsprach der grösseren Spannung auch zugleich eine grössere Dehnung des Muskels. Demnach könnte es noch zweifelhaft sein, ob auch für einen und denselben bestimmten Dehnungszustand eines Muskels, je nachdem

Die Grösse des Kräftefeldes der Muskelspannung pro Periode oder Secunde giebt dann ein Mass für die

---

durch grössere oder geringere Reizstärke (Reizfrequenz) eine grössere oder geringere Spannung erzeugt wird, Stoffverbrauch und entwickelte Wärmemenge pro Zeiteinheit entsprechend grösser oder geringer sind, und ob die Proportionalität zwischen Spannung und Stoffumsatz hier ebenso schön zu Tage tritt wie bei den Versuchen, in welchen der grösseren Spannung die grössere Dehnung entspricht. Die Untersuchungen über die Wärmeentwicklung bei der Einzelzuckung, soweit sie mir bekannt sind, geben darüber keine ganz sichere Entscheidung, indem zwar allerdings die entwickelte Wärmemenge bei derselben Verkürzung um so grösser ist, je grösser die Widerstände der Verkürzung oder in den einzelnen Längezuständen die Spannungen sind, andererseits aber auch die Dauer der Einwirkung dieser Spannungen eine grössere ist. Andere Versuche am tetanisirten Muskel haben nun unzweideutig dargethan, dass in Fällen, wo der Muskel mehr oder weniger ad maximum contrahirt ist, die Wärmemenge eine geringere ist, wenn er in einem stärker verkürzten Zustand einer bestimmten Last Gleichgewicht hält, als wenn er dies bei etwas weniger verkürztem Zustande thut. Hier entspricht also der geringeren Dehnung bei gleicher Spannung ein geringerer Stoffumsatz, und man versteht diese Erscheinung, wenn man sich vorstellt, dass der sehr stark verkürzte und gereizte Muskel in eine Art Starre verfällt, so dass die durch den Reiz entstehenden Verdichtungen sich nur langsam lösen; dabei muss natürlich der Stoffumsatz beschränkt sein. Für mittlere Muskellängen ist vielleicht das Maass der Dehnung auf die Grösse des Stoffumsatzes von keinem wessentlichen Einfluss, so dass jener hier wirklich bloss von der Spannung abhängen würde. Dies erscheint mir jetzt bei reiflicher Ueberlegung als das Wahrscheinlichere, während ich in meiner Abhandlung: Zur Kenntniss der functionellen Anpassung der quergestreiften Muskeln, Stuttgart 1883 darzuthun suchte, dass der Stoffumsatz im Muskel zwar der Spannung proportional, ausserdem aber der Dehnung (der relativen Länge) des Muskels annähernd umgekehrt proportional sei. Eine derartige Annahme ist ganz allgemein und wörtlich genommen mit den Befunden HEIDENHAINS nicht wohl vereinbar. Ein geringer Einfluss des Dehnungszustandes auf den Stoffumsatz bei extremen Muskellängen ist dagegen vorderhand nicht mit Sicherheit auszuschliessen. Bei stark gedehnten Muskeln endlich spielt jedenfalls die Spannung der gedehnten Stützsubstanzen eine gewisse Rolle, sodass die contractilen Elemente einen geringeren Theil der Spannung zu übernehmen brauchen. Doch ist vielleicht andererseits in diesem Zustande die Löslichkeit der durch den Reiz entstandenen Verdichtungen eine grössere und der Stoffumsatz deswegen ein verhältnissmässig lebhafterer. Es ist wirklich nicht möglich, zur Zeit zu beurtheilen, in wie weit diese beiden Momente sich gegenseitig compensiren oder nicht.

Grösse des Stoffumsatzes pro Querschnitt. Der gesammte Stoffumsatz in der Zeiteinheit hängt ausserdem ab von der mittleren oder natürlichen Länge des Muskels, und auch aus diesem Grunde muss er sich je nach Umständen ganz anders verhalten wie die mechanische Arbeit des Muskels. Ist σ die Spannung in einem bestimmten kleinen Zeittheilchen δ, ε die Muskelverkürzung, l die Muskellänge, so ist die Arbeit $= \sigma\varepsilon$. Der Stoffumsatz aber ist proportinal $\sigma l \delta$; je kleiner also die Muskellänge im Verhältniss zur Verkürzungsgeschwindigkeit des Muskels ist, desto sparsamer arbeitet der Muskel.

Jede Einschränkung der Muskellänge, welche ohne eine entsprechende Vermehrung der Muskelspannung effectuirt werden kann, ist also von einer Ersparniss im Stoffumsatz begleitet; zugleich aber auch von einer Ersparniss an Muskelmenge und Muskelgewicht, was bei einem fliegenden Thiere noch einen besondern Vortheil darstellt. Eine Verringerung des Muskelquerschnittes ohne eine entsprechende Vergrösserung der Länge ermöglicht zunächst innerhalb gewisser Grenzen keine erhebliche Verminderung des Stoffumsatzes: hat aber ebenfalls eine Verminderung des Muskelgewichtes zur Folge und ist jedenfalls aus diesem Grunde von Vortheil.

4. Wovon hängt nun die Länge eines Muskels und die Grösse seines Querschnittes ab?

Es müssen beim Vogel ganz dieselben Gesetze der funktionellen Anpassung Geltung haben, wie bei der quergestreiften Skeletmuskulatur anderer Thiere und des Menschen. Ich verweise in dieser Beziehung auf die beiden Abhandlungen von Roux [1]) und mir [2]), welche fast gleichzeitig erschienen sind und in vielen Punkten in erfreulicher Weise mit einander übereinstimmen.

Einer Muskelfaser von bestimmter Länge entspricht eine bebestimmte Grösse der durchschnittlichen activen Längenänderung, und einem bestimmten Querschnitt der Faser entspricht ein bestimmtes Mass der durchschnittlichen activen Spannung. Aendern

---

[1]) W. Roux, Beiträge zur Morphologie der functionellen Anpassung. 2. Ueber die Selbstregulation der morphologischen Länge der Skeletmuskeln. Jena 1883.

[2]) H. Strasser, Zur Kenntniss der funktionellen Anpassung der quergestreiften Muskeln. Stuttgart 1883.

sich die Ansprüche an die Längenänderung, werden z. B. grössere Excursionen der Muskelendpunkte gegeneinander gebräuchlich, so ist nunmehr für eine grössere Faserlänge oder wenn man will für eine weitere Anzahl von Längstheilchen Gelegenheit zur angemessenen Funktion gegeben. Und wirklich sieht man den Muskel länger werden, wahrscheinlich, wie Roux zu beweisen suchte, unter Vermehrung der Querscheiben.

Aehnlich verhält es sich mit dem Muskelquerschnitt; er vergrössert sich innerhalb gewisser Gränzen, wenn die Ansprüche an die Spannung zunehmen, unter Vermehrung der Fibrillenzahl pro Querschnitt u. s. w.

Ob das Längenwachsthum nur an vereinzelten Stellen, z. B. den Enden der Fasern stattfindet, oder in der ganzen Länge, ist bis jetzt nicht sicher festgestellt. Auch hinsichtlich des Dickenwachsthums ist Manches noch räthselhaft. Und so lange wir nicht genau wissen, wo im einzelnen Fall die Umänderung vor sich geht, wird der causale Zusammenhang zwischen ihr und der Aenderung der Funktion nicht vollständig aufgeklärt werden können.

So viel erscheint mir sicher zu sein, dass grössere Spannung sowohl als ausgiebigere Längenänderung zunächst durch verstärkte Nervenreizung erreicht wird. Es ist nun wohl möglich, wie Roux annimmt, dass der Reiz nicht allen Theilen der contractilen Substanz in gleichmässig verstärktem Masse zufliesst, sei es dass durch eigene nervöse Regulationsmechanismen, oder durch den verschieden geänderten Zustand des Muskels selbst Derartiges bewirkt wird.

Auf der anderen Seite ist es denkbar, dass die verbesserte Reizzufuhr ganz eben so gut den entwicklungsfähigen Substanzen geboten wird, welche neben den bis jetzt hauptsächlich funktionirenden liegen, als denjenigen, welche in Längsreihen derselben eingefügt sind, und dass es von anderen Verhältnissen als von denen des Reizes abhängt, ob die ersteren oder die letzteren weiter ausgebildet werden.

Wenn nun auch für den Fall, dass nur grössere Spannung, aber nicht eine Vergrösserung der Excursion nothwendig ist, durch quere Einschaltung neuer (d. h. weiter entwickelter) Theile die bis jetzt hauptsächlich fungirenden entlastet und in ihrem Bestande begünstigt werden, während die Einschaltung neuer Theile in die Längsreihen die Verhältnisse der alten Theile schädigt, so kann dies für sich allein doch noch nicht zur Folge haben, dass die letztgenannte Art der Einschaltung unterbleibt. Es müsste also gezeigt werden, dass trotz der allseitig verbesserten

Reizgelegenheit hier nur die quer eingeschaltete entwicklungsfähige contractile Substanz Gelegenheit hat, sich angemessen zu contrahiren und zu spannen, die längs eingeschaltete dagegen nicht. Und für den Fall, dass die Ansprüche an die Längenänderung grösser geworden ist, muss das Gegentheil nachweisbar sein. Hier liegt eine grosse Schwierigkeit vor, die meiner Meinung nach durch den Hinweis auf die allmähliche Verbreitung des Reizes in der Zeit nicht gehoben wird.

Nun habe ich nachzuweisen versucht, dass bei zu lang oder zu kurz gewordenen Sehnen eine Umzüchtung der Ansatzverhältnisse von Muskelfasern und Muskelfibrillen vor sich geht, indem bei den veränderten Funktionsverhältnissen Varietäten der Ansatzweise, die zuvor für die grössere oder geringere Leistungs- und Lebensfähigkeit der Fasern gleichgültig waren, grössere Bedeutung erlangen. Aehnliches wurde gelegentlich auch für die einzelnen Fibrillen geltend gemacht.

Nichts hindert anzunehmen, dass diesem Princip eine noch viel verbreitetere Wirksamkeit zukommt. Giebt es Fasern und Fibrillen, welche bei aussergewöhnlicher Dehnung des Muskels verhältnissmässig weniger gedehnt, und andere, die bei grosser Verkürzung weniger verkürzt sind, so kommen auch solche vor, welche beides zugleich sind. Diese Varietäten werden Bedeutung erlangen und bevorzugt sein, wenn zugleich sowohl die Ansprüche an die Verkürzungsfähigkeit, als auch diejenigen an eine Thätigkeit bei grösserer Dehnung gesteigert werden.

Eine Auslese zwischen Reihen contractiler Theilchen, welche wegen ihrer verschiedenen Lage zur passiven Stützsubstanz des Muskels, ihrer verschiedenen Länge und Wachsthumsintensität u. s. w. die geänderte Funktion verschieden gut leisten, besteht vielleicht auch noch innerhalb sehr kleiner resp. kurzer Abschnitte des Muskels. Specielle Untersuchungen müssen hierüber Aufschluss zu bringen suchen. —

Einen auslesenden und umgestaltenden Einfluss muss nun aber auch die Aenderung der mittleren Schnelligkeit der Verkürzung ausüben. (Der Muskel braucht dabei nicht häufiger oder mit grösserer Spannung als zuvor bei extremen Dehnungs- oder Verkürzungszuständen zu arbeiten). Es liegt vor Allem nahe, anzunehmen, dass die Zunahme der Verkürzungsgeschwindigkeit die Auszüchtung einer Muskelqualität bewirkt, welche die Fähigkeit einer rascheren Längenänderung besitzt. Es könnte nun aber in dieser Hinsicht

die Auswahl beschränkt, die Ausbildung einer neuen Qualität könnte sehr erschwert sein. Man frägt sich, ob in diesem Falle nicht auch eine Auslese zwischen verschieden langen Reihen contractiler Theilchen stattfinden könnte. Die relativ längeren, welche bei der Verkürzung des Muskels etwas weniger verkürzt, bei der Dehnung etwas weniger gedehnt werden, würden zwar deswegen allein noch nicht stärker bevorzugt werden — dem kleinen Vortheil halten vielleicht andere nachtheilige Verhältnisse das Gleichgewicht — wohl aber tritt Bevorzugung ein, wenn noch ein weiterer Vortheil hinzukommt: der Umstand, dass sie bei sehr grosser Verkürzungsgeschwindigkeit am wenigsten überanstrengt werden.

Es ist wunderbar, in welch' genauer Weise bei Muskelfasern, welche zwischen zwei starren Massen ausgespannt sind und sich bei den Excursionen derselben gegeneinander stets mehr oder weniger activ betheiligen, die Faserlängen den mittleren Excursionsgrössen ihrer Endpunkte gegeneinander proportional sind. Es handelt sich hier sicher um eine Regulation des Wachsthums durch die Funktion; aber man kann zweifelhaft darüber sein, ob die Empfindlichkeit der contractilen Elemente gegen Beanspruchung bei extremen Längezuständen, oder ob ihre Empfindlichkeit gegen zu langsame oder zu schnelle Längenänderung das Ausschlaggebende war, oder ob vielleicht beide Momente von Bedeutung gewesen sind. Letzteres scheint mir namentlich für die Aktion des stärker verkürzten Muskels in Frage zu kommen, weil gerade hier die Empfindlichkeit der Muskelsubstanz gegenüber unangemessen raschen Längenänderungen eine erhebliche sein muss.

Man darf nicht hiergegen einwenden, dass an den verschiedenen Gelenken des menschlichen Körpers trotz der verschiedenen Winkelgeschwindigkeit, die in ihnen üblich ist, das Verhältniss der Faserlänge zu ihrer Excursion überall annähernd dasselbe sei. Denn erstens ist dies gar nicht genau, sondern nur annähernd der Fall; es hat bei bestimmten Gelenken oft die Beuge-Muskulatur ein anderes derartiges Verhältniss, einen andern „Verkürzungs- oder Excursionscoefficienten“ als die Streck-Muskulatur, und auch die Muskeln verschiedener Gelenke verhalten sich in dieser Hinsicht verschieden.

Ein verschiedener Verkürzungscoefficient kann demnach sehr wohl, ebensogut wie eine verschiedene Fähigkeit zur raschen Verkürzung durch Anpassung an verschiedene Contractionsgeschwindigkeit entstanden sein.

Bekanntlich ist durch die Untersuchungen von Ranvier[1]) Kronecker und Stirling[2]) Danilewsky[3]) und Grützner[4]) der Beweis erbracht worden, dass in demselben Organismus, an demselben Gelenk, ja z. Th. in demselben Muskel Muskelfasern oder Substanzen von verschiedener Qualität vorkommen, die einen mit langsamer Verkürzungsfähigkeit begabt, die anderen durch grosse Raschheit der Contraction ausgezeichnet; erstere erschöpfen sich bei gleicher Reizung und Spannung langsam, diese schnell. Es kann wohl nicht bezweifelt werden, dass dieser wesentliche Unterschied auf einer verschiedenen Persistenzfähigkeit der einmal gebildeten Muskelverdichtungen beruht. Vieles spricht dafür, dass dieselbe überhaupt bei der Ermüdung und bei der maximalen Reizung des stark verkürzten Muskels eine grössere ist. Ihre Zunahme bewirkt, dass bei derselben Spannung in der Zeiteinheit der Stoffumsatz, der zum Wiederersatz der zerstörten Verdichtungen nothwendig ist, ein geringerer ist. Diese Verminderung der Löslichkeit der Verdichtungen, welche die Muskelsubstanz einem passiv gedehnten elastischen Körper ähnlicher macht, ist nothwendig zugleich mit einer Verminderung der Verkürzungsfähigkeit (insbes. der Verkürzungsgeschwindigkeit) verbunden und umgekehrt.

Ich habe schon in der Arbeit über die funktionelle Anpassung der Skeletmuskulatur die Annahme gemacht, dass die Grösse des Muskelquerschnittes sich nicht nach der mittleren Spannung bei der einmaligen Leistung, sondern nach der mittleren Spannung pro Zeiteinheit bei einer Periode anhaltender Aktion richte.

Solches lässt sich nur für Muskeln vertreten, welche wirklich längere Zeiten hindurch thätig sind, sodass die Ermüdung und Erholungsbedürftigkeit der Theilchen eine grosse Rolle spielt.

Roux legt auf die zeitlichen Verhältnisse kein Gewicht. Nur gelegentlich (S. 53) führt er an, dass unter Umständen die häufigere Wiederholung derselben Kraftproduction eine Vergrösserung des

---

[1]) Ranvier. Archives de physiologie par Brown-Séquard. 1874 und Leçons d'anatomie générale sur le système musculaire. Paris 1880 p. 186.

[2]) Archiv f. Physiologie von du Bois-Reymond 1878. S. 1.

[3]) A. Danilewsky. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. VII. 124. 1883 und Biolog. Centralblatt. IV. 1885. No. 23. pg. 726. (O. Nasse).

[4]) Grützner. Zur Anatomie und Physiologie der quergestreiften Muskeln. Recueil zoologique suisse. T. I. 1884. No. 4.

Muskelquerschnittes zur Folge haben müsse. Ich glaube aber, dass man bei Muskeln, welche längere Zeit thätig sind, geradezu die Beanspruchung der Elemente des Querschnittes nach dem Produkt aus der Spannung und der Zeit, während welcher sie anhält, oder nach der durchschnittlichen Spannung pro Zeiteinheit bemessen darf, und dass bei gleicher Muskelqualität der Querschnitt dieser Grösse angepasst sein wird.

Ist meine Vermuthung richtig, dass die Menge des Muskels in der einen oder anderen Weise der Excursionsgeschwindigkeit angepasst ist, dann hängt dieselbe ausserdem ab nicht von der Grösse des einmaligen Weges der Faserendpunkte gegeneinander bei der einzelnen Verkürzung, sondern von der Summe dieser Wege während einer bestimmten grösseren Zeiteinheit, in welcher der Muskel anhaltend thätig ist. (Excursionsgeschwindigkeit).

Setzen wir den Fall, dass ein Muskel von bestimmten Querschnitt, der sich früher m mal pro Secunde jeweilen in der Zeit ϑ unter Leistung der mittleren Spannung σ zusammenzog, nun von einer bestimmten Zeit an nm Zusammenziehungen von derselben Ausgiebigkeit, jede bei derselben mittleren Spannung, aber jede in der Zeit $\frac{\vartheta}{n}$ vollführt, so ist kaum anzunehmen, dass dieser Muskel dabei in seinem Bau unverändert bleiben kann. Ich bin der Meinung, dass der Muskel sich den veränderten Ansprüchen und zwar unter Vergrösserung seiner Masse anpassen muss. Wahrscheinlich spielt in einem solchen Fall die Aenderung der Qualität die Hauptrolle. Wenn wirklich eine Substanz von n mal grösserer Contractionsgeschwindigkeit an die Stelle der ursprünglichen tritt, so wird der Stoffverbrauch (die Erschöpfbarheit) bei demselben Querschnitt ungefähr n mal grösser sein, es wird auch noch eine Anpassung der Muskeldicke nothwendig sein. Die ganze Muskelmenge wird wirklich ungefähr entsprechend der im Ganzen z. B. pro Stunde oder Tag geleisteten Arbeit zunehmen.

Wird aber die Anpassung an die grössere Raschheit der Contraction durch Verkleinerung des Verkürzungscoefficienten bewirkt, so nimmt die Länge der Fasern zu; der Querschnitt muss wesentlich gleich gross bleiben, und es erfährt also auch hier die Muskelmenge einen Zuwachs.

Aus den Untersuchungen von Danilewsky und Grützner geht hervor, dass in ein- und demselben Muskel zwei Faserarten von ganz verschiedener Qualität in einem bestimmten Mischungsverhältniss vorkommen können. Ein Muskel, bei dem x Quer-

schnittseinheiten von Fasern der Qualität A, y von solchen der Qualität B eingenommen sind, muss ungefähr zweien Muskeln entsprechen, von denen der eine bei länger dauernder Aktion die mittlere Spannung $x . s$ zugleich mit einer bestimmten Excursionsgeschwindigkeit φ zu leisten vermag, der andere gleich lange Zeit die Spannung $y . \frac{s}{\varrho}$ bei der Excursionsgeschwindigkeit $\varphi . \varrho$.

Man kann nun zeigen, dass ein Muskel, der gezwungen ist, abwechselnd Arbeiten von zwei sehr verschiedenen Formen zu leisten, dies mit grösserer Oeconomie an Stoffumsatz und mit geringerer Muskelmenge thun kann, wenn er aus zwei entsprechend verschiedenen Faserqualitäten zusammengesetzt ist, als wenn er dieselbe Qualität für beide Arbeitsformen benutzt.

Zusammenfassung.

1. Die Länge der Muskeln muss im Interesse der Oeconomie des Stoffumsatzes und einer möglichsten Leichtigkeit des Vogelkörpers möglichst klein sein.

2. Andererseits hängt die Länge des Muskelfasern ab von der Grösse der Excursion ihrer Endpunkte und wahrscheinlich auch von der Geschwindigkeit, mit welcher diese activ gegeneinander bewegt werden müssen, sofern nicht verschiedene Arten contractiler Substanz, die zu rascher Verkürzung ungleich gut geeignet sind, in Betracht kommen.

Was durch eine besser zu rascher Verkürzung geeignete Substanz an Länge erspart wird, stellt aller Wahrscheinlichkeit nach keine Reinersparniss an Muskelmenge dar, weil zu gleicher Zeit die Leistungsfähigkeit der Querschnittelemente eine geringere sein wird.

3. Wohl aber kann eine wirkliche Ersparniss an Muskelmenge und Stoffumsatz durch ein bestimmtes Verhalten der Form der Arbeitsleistung bewirkt sein.

Die Länge der Fasern kann bei gleicher mittlerer Geschwindigkeit der Gesammtexcursion geringer sein, wenn die Geschwindigkeit in einer ganz bestimmten Weise abändert, so dass sie bei jedem Dehnungszustand des Muskels möglichst der zweckmässigsten Verkürzungsgeschwindigkeit für diesen Zustand entspricht. Vielleicht ändert sich diese etwas je nach der Spannung. Im Allgemeinen wird es von Vortheil sein, wenn die Geschwindigkeit der Excursion für mittlere Dehnungszustände möglichst gleichmässig

ist, oder nur allmählich zu- oder abnimmt, gegen das Ende der Contraction aber sich rasch verlangsamt.

4. Zeitweilige grössere Anforderungen an die Geschwindigkeit der Verkürzung sind dabei natürlich ganz gut möglich. Je häufiger sie vorkommen, desto besser wird der Muskel ihnen angepasst sein. Beim Vogel sind im Allgemeinen die Verhältnisse des normalen horizontalen Fluges für die Länge der Muskeln bestimmend. Doch dürfen wir aus den bekannten Verhältnissen dieser Flugart bei verschiedenen Flugthieren nur dann auf die Massen-Verhältnisse der Muskeln schliessen, wenn wir bei allen ein gleiches Verhältniss der aussergewöhnlichen Leistungen zu der Normalleistung voraussetzen. Einem häufigeren Vorkommen rascherer Bewegungen muss aber auch eine grössere Muskellänge oder bei besserer Verkürzungsqualität ein grösserer Querschnitt entsprechen.

5. Möglicherweise ist durch Zusammensetzung des Muskels aus Fasern von verschiedener Qualität erreicht, dass der Muskel Arbeiten von sehr verschiedener Form mit verhältnissmässig grosser Oeconomie leisten kann.

6. Bei Muskeln, welche längere Zeit hintereinander gebraucht werden, sind ceteris paribus die Querschnitte der Grösse der Spannung und der Dauer ihrer Wirkung oder also dem Kräftefeld der Spannung für eine bestimmte grössere Zeiteinheit angepasst. Ausserdem giebt es jedenfalls auch mit Bezug auf die Beanspruchung des Querschnittes bestimmte Verhältnisse der Abänderung der Spannung je nach der Ermüdung und der Dehnung der Theilchen, welche den Verhältnissen der Muskelsubstanz am besten conform sind. Vortheilhaft ist es z. B., wenn die Spannung nur allmählich mit der Zeit und nicht zu sehr ändert und wenn sie im Allgemeinen mit fortschreitender Verkürzung etwas abnimmt.

7. Wenn sämmtliche Muskeln der Spannung, die sie im Mittel bei längerer Action zu leisten haben, und der Excursionsgeschwindigkeit in gleich günstiger Weise angepasst sind, aber auch nur in diesem Fall, kann man ihre Masse den Arbeiten, welche sie in derselben Zeit (z. B. pro Tag oder Flugstunde) leisten, proportional setzen; es muss dann auch der gesammte Stoffumsatz zu der vom Muskel geleisteten äusseren Arbeit in einem ganz bestimmten günstigen Verhältnisse stehen und z. B. das Vierfache oder $3\frac{1}{2}$fache derselben betragen.

8. Beim Fluge handelt es sich wirklich um Muskeln, welche

längere Zeit hindurch thätig sind. Ihre Masse kann aber, auch unter der Voraussetzung einer stets gleich öconomischen Verwendung, nur dann proportional der beim horizontalen Normalflug zu leistenden Arbeit sein, wenn sich die Ausdauer im Fluge stets gleich verhält, und wenn die Extraleistungen, zu denen das Thier befähigt ist, stets in demselben Verhältniss zu der beim Normalfluge nothwendigen Arbeit stehen.

Wir werden im Folgenden diese Annahme machen; denn es wird für die Beurtheilung der thatsächlichen, complicirteren Verhältnisse eine gute Grundlage gewonnen sein, wenn wir wissen, wie die Muskelmenge sich mit der Grösse des Apparates ändern muss bei ähnlich bleibender locomotorischer Leistung oder je nach der Fähigkeit, den normalen horizontalen Flug mit grösserer oder geringerer Geschwindigkeit auszuführen.

Zunächst aber ist noch zu untersuchen, ob wirklich die Organisation des Vogelkörpers den Muskeln der Schulter gestattet, überall möglichst öconomisch und insbesondere überall mit derselben Oeconomie zu arbeiten, und ob überhaupt an den Muskeln eines Gelenkes durch Umänderung der Längen, Dicken, Ansatzpunkte u. s. w. Derartiges erreicht werden kann. Eine allgemeine Behandlung dieser Frage bietet einige Schwierigkeiten.

5. Ueber den Grad und die natürlichen Grenzen der Oeconomie in den Anordnungsverhältnissen der Schultermuskulatur.

a. Die Aenderung der Richtung der resultirenden innern Gelenkdrehkraft in der Zeit.

Wie in dem 2. Theile dieser Arbeit nachgewiesen wurde, lässt sich in jedem Augenblick die ganze Wirkung der Gelenkdrehkräfte, soweit diese an sich Flügel und Rumpf gegeneinander bewegen können, ersetzen durch eine Kraft $G_{\mu tg}$ in der ε-Tangentenebene, deren Richtung im Punkte μ die geringste Entfernung von der Flügellängslinie hat und durch die entsprechende Gegenkraft. Die Grösse dieser Kraft, sowie ihr Abstand von ε ändert sich von Moment zu Moment; doch können wir uns vorstellen, dass dies stetig geschieht; es beschreibt dann der Punkt μ relativ zum Rumpf eine Curve, welche mit derjenigen, welche der Punkt ε beschreibt, um so besser übereinstimmt, je geringer die längsrotirende Wirkung der inneren Kräfte am Flügel ist (s. S. 319). Die Linie $o\mu$ aber beschreibt die Fläche eines Kegels im weiteren

Sinne des Wortes. Die Spitze des Kegels liegt in o, die Lichtung ist nach aussen gewendet.

Jeder Lage des Krafthebelarmes entspricht eine bestimmte Richtung von $G_{\mu tg}$, also eine bestimmte resultirende Kraftebene $oG_{\mu tg}$, welche sich mit der Sagittalebene (durch o oder durch μ) in einer ganz bestimmten sagittalen Richtung schneidet, welche der zv Projection von $G_{\mu tg}$ parallel ist. Wir haben nun allen Grund anzunehmen, dass die zv-Componente von $G_{\mu tg}$ bei gehobenem Flügel abwärts, bei ad maximum vorgeführtem Flügel abwärts rückwärts, bei ad maximum gesenktem Flügel rückwärts, vielleicht rückwärts aufwärts, bei der Hebung zuerst mehr direkt nach oben, dann mehr und mehr nach vorn, nach vorn unten und zuletzt nach unten gerichtet ist. Während der kurzen Zeit der Hebung ändert sich also die Richtung sehr rasch, um mehr als 180°, im ganzen Niederschlag dagegen um nicht viel mehr als 90°. Die Schnittlinie der Kraftebene $oG_{\mu tg}$ mit der Sagittalebene durch o ändert ihre Richtung in der genannten Weise und zwar stetig.

Man kann, um den Sinn der Veränderung zu veranschaulichen (Fig. 25), sämmtliche durch o gehende sagittale Richtungen in n

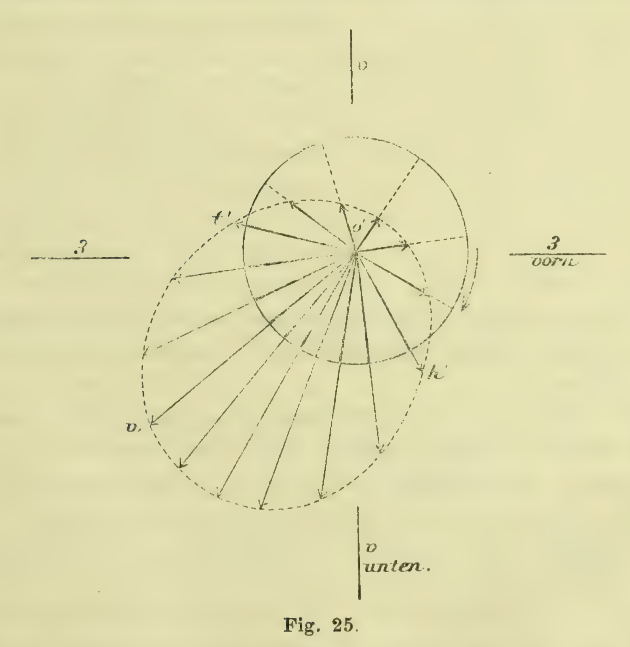


Fig. 25.

gleiche Gruppen eintheilen; es liegt dann die genannte Schnittlinie der Ebene der resultirenden Kraft mit der Sagittalebene

während einer gewissen Zeit innerhalb einer dieser Gruppen, und sie durchläuft im Verlaufe einer Periode sämmtliche n Gruppen.

In Fig. 25 entsprechen die Linien oh', ov', ot' verschiedenen aufeinanderfolgenden Richtungen dieser Schnittlinie der Kraftebene mit der Sagittalebene durch o, und die Grössen dieser Linien sind den jeweiligen Werthen von $G_{\mu tg}$ proportional. oh' entspricht dem Hochstand des Flügels, ov' der stärksten Vorführung, ot' dem Tiefstand u. s. w. Die Richtung der Umstellung ist durch den Pfeil bezeichnet, durch die Buchstaben o, u, v. h ist angedeutet, was in der Sagittalebene oben, unten, vorn und hinten ist. Auf Genauigkeit im Einzelnen macht diese Figur keinen Anspruch.

b. Umänderung der Lageverhältnisse irgend eines Muskels am Schultergelenk.

In Fig. 26 stelle u einen Ursprungspunkt eines Muskels dar, a seinen Ansatz am Flügel und va den wirklichen Hebelarm dieses Muskels.

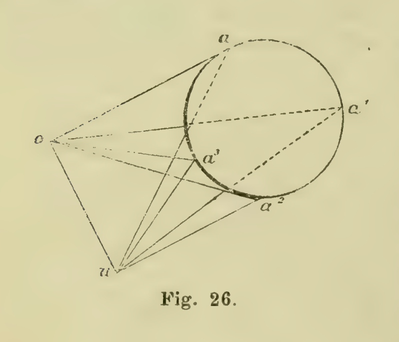


Fig. 26.

Wenn der Ansatzpunkt des Muskels annähernd mit der Längslinie des Flügels zusammenfällt, so beschreibt er eine rundliche Figur an der Oberfläche einer um den Schulterdrehpunkt gelegten Kugelfläche. Muskelansatzpunkte aber, welche weit entfernt von der Längslinie liegen, können wesentlich anders geformte Figuren beschreiben, als irgend ein Punkt der Flügellängslinie, namentlich wenn die pronatorischen und supinatorischen Drehungen des Flügels ausgiebig sind. Immer aber ist die Curve eine geschlossene.

Wir wollen zunächst annehmen, dass für jede Stellung des Flügels Muskeln vorhanden sind, deren Kraftebene mit der Ebene $oG_{\mu tg}$ genau zusammenfällt, und deren Verkürzung Flügel und Rumpf an sich in demselben Sinn gegeneinander bewegt, wie $G_{\mu tg}$. Diese Muskeln werden dann im Allgemeinen nur während sehr kurzer Zeit und nur einmal pro Periode in die genannte Lage versetzt sein. Es lässt sich nun zeigen, dass allemal eine Componente der Spannung verloren geht, wenn verschieden gerichtete Kräfte sich zur Erzeugung einer Resultirenden verbinden. Und wenn nun der Stoffumsatz im Muskel, sein Querschnitt und seine

Masse unter Anderem der Spannung und ihrer Dauer in der Zeit wirklich im Grossen und Ganzen proportional sind, erscheint es da nicht als das Vortheilhafteste, wenn wirklich jeder einzelne Muskel am Schultergelenk nur so lange activ betheiligt ist, als er in der Richtung der Ebene der resultirenden Kraft liegt?

Man wird freilich gleich bereit sein, hiergegen einzuwenden, dass zu einem solchen Verhalten nicht genügend Raum vorhanden ist, dass die Muskeln überflüssig lang sein müssten, während andererseits bei der Leistung einer Spannung durch verschieden gerichtete Muskeln das, was auf der einen Seite an Spannung mehr gebraucht wird, auf der anderen Seite mit einer Ersparniss an Muskellänge verknüpft ist. Damit erscheint vielleicht jede weitere Untersuchung des Gegenstandes überflüssig gemacht.

Ich meine nun aber doch, dass man suchen sollte, einen noch etwas klareren Einblick in die Verhältnisse zu bekommen.

Betrachten wir noch einmal die Fig. 25. Der Muskelansatzpunkt beschreibt die Curve aa' a^2 a^3 . . . und seine Kraftebene *oau*, *oa'u* etc. dreht sich successive um die Linie *ou* als Axe hin und her. Der Ansatzpunkt *u* des Muskels liegt immer ausserhalb des vom Krafthebel beschriebenen Kegels, und es giebt daher für den Muskel im Allgemeinen pro Periode eine Zeit der stärksten Verlängerung und eine solche der stärksten Verkürzung (oder Zusammenfaltung?). Dies und die Geschwindigkeit der Bewegung seiner Ansatzpunkte gegeneinander ist unabhängig von dem Umstande, ob der Muskel während kürzerer oder längerer Zeit, für sich oder mit anderen activ gespannt ist.

Wenn man annimmt, dass die Länge eines Muskels einzig von der absoluten Grösse der Verschiebung seiner Endpunkte gegeneinander abhängt, so wird man dies dadurch allein erklären können, dass nicht blos neue Theile der Muskellänge zugefügt, sondern auch ein längeres Andauern und eine weitere räumliche Ausdehnung des Nervenreizes zu Stande gebracht wird, so lange und so weit überhaupt Gelegenheit zur massvollen Längenänderung der contraktilen Theilchen vorhanden ist. Daraus folgt dann, dass die absolute aktive Längenänderung des Muskels mit der Grösse der Annäherung seiner Ansatzpunkte gegeneinander im Allgemeinen identisch sein muss. Dass zur Erzeugung einer bestimmten resultirenden Spannung jeweilen viele verschieden gerichtete Muskelfaserzüge zusammenwirken, erscheint danach wohl als unumgänglich nothwendig, aber noch nicht als öconomisch.

Ganz ähnlich erscheint die Angelegenheit, wenn man die Länge

der Muskeln auch noch von der Geschwindigkeit der Annäherung der Muskelendpunkte gegeneinander abhängig sein lässt. Wenn das Verhältniss zwischen der Totalgrösse der gebräuchlichen Längenänderung der Muskelfasern und ihrer maximalen Geschwindigkeit sich ändert, muss meiner Meinung nach entweder die Qualität der Muskelsubstanz sich ändern — während der Excursionscoefficient gleichbleibt —, oder letztere Grösse ändert sich: bei rascherer Excursionsgeschwindigkeit und gleich bleibendem Totalbetrag der Excursion muss die Länge des Muskels eine grössere sein. Auch hier handelt es sich im Grunde wohl um eine Art Qualitätsveränderung. Neben und trotz alledem nun kann auch hier das soeben erörterte Princip von der Ausnützung der ganzen Excursionsgelegenheit für die Aktion noch Geltung haben.

Dass aber eine Betheiligung verschiedener Zugrichtungen bei einer einzigen resultirenden Zugrichtung nicht bloss unvermeidlich, sondern auch *unter Umständen* mit Ersparniss an Stoffumsatz und Muskelmenge verbunden ist, wird erst deutlich, wenn man die von uns auf S. 344 zusammengestellten allgemeinen Principien der Oeconomie in Betracht zieht.

Es wurde erörtert, wie ein Muskel im Stande ist, selbst einem grösseren Kräftefeld der Spannung pro Periode mit geringerem Querschnitt und geringerem Stoffumsatz pro Querschnitt auf die Dauer zu genügen, wenn nur die Vertheilung der Spannung auf die verschiedenen Phasen eine angemessen günstigere ist. Und solches ist hier der Fall. Wohl wird durch die gleichzeitige Betheiligung vieler Zugrichtungen die Summe sämmtlicher Kräftefelder der sämmtlichen betheiligten Fasern pro Periode eine grössere. Wohl wird durch dieselbe hinsichtlich der Längenverhältnisse der verschiedenen Fasern nichts Wesentliches geändert. *Dafür aber erniedrigt sie das Maximum der gleichzeitigen Spannung jedes einzelnen Faserzuges um ein Vielfaches, während die Spannungen in den vorausgehenden und nachfolgenden Phasen der Thätigkeit erhöht und den maximalen Spannungen ähnlicher gemacht werden.*

Es werden sich also mit Vortheil ebensowohl solche Zugrichtungen mit betheiligen können, die hinsichtlich ihres Ursprungs von der Ebene $oG\mu tg$ abstehen, als solche, die es mit ihrem Ansatzpunkte thun.

Weiterhin lässt sich zeigen, dass die vom Rumpf zum Flügel gehenden Muskelzüge im Allgemeinen ihre günstigste Richtung parallel der resultirenden Kraftebene erreichen, bevor sie die Hälfte

ihrer Längenänderung durchmessen haben, insofern wenigstens die resultirende Zugrichtung sich bei den verschiedenen Stellungen der Flügellängslinie ungefähr so verhält, wie in Fig. 25 angenommen wurde.

Ferner folgt daraus, dass im Allgemeinen die Muskeln, bevor diese günstigste Richtung erreicht ist, beim Beginn der Verkürzung, den Flügel stärker, als der resultirenden Spannung $G\mu tg$ entspricht, gegen die q-Axe hinziehen und ihn nachher nach der entgegengesetzten Seite ablenken, dass für die auswärts ablenkende Wirkung jederzeit mehr Gruppen von Muskelfasern disponibel sind, und dass die ablenkenden Einwirkungen nach aussen durchschnittlich von der Resultirenden stärker divergiren, als die einwärts ablenkenden. Daraus folgt dann, dass jeder Muskel zur Zeit, wo er noch eine einwärts ablenkende Componente besitzt, also entsprechend dem stärkeren Dehnungszustand eine grössere Spannung haben kann. Seine Spannung kann also im Allgemeinen entsprechend der zunehmenden Verkürzung allmählich und zuletzt rasch abnehmen, wodurch der Modus seiner Spannungsänderung noch öconomischer gemacht wird. Dies Alles ist die nützliche Folge des Umstandes, dass die Flügellängslinie nicht direkt in einer Ebene bewegt, sondern von oben nach vorn, von da nach unten, hinten und wieder nach oben herumgeführt wird.

Ich will das erörterte Princip der Oeconomie nicht weiter ins Einzelne hinein verfolgen, auch nicht zu erörtern versuchen, wie eine solche Zweckmässigkeit entstehen kann. Wohl aber muss noch gezeigt werden, dass Oeconomie nur bis zu gewissen Grenzen der Vollkommenheit vorhanden sein kann. Es muss naturgemäss die Muskelmenge entsprechend den verschieden grossen Werthen von $G\mu tg$ für die verschiedenen Stellungen der Flügellängslinie an den verschiedenen Seiten des Schultergelenkes in verschiedener Mächtigkeit entwickelt sein. Durch Vermehrung der Zahl der annähernd parallelen Züge wird ja der einzelne besonders gut entlastet. Der Raum um das Schultergelenk herum ist nun aber naturgemäss ein beschränkter; beschränkt ist auch die Gelegenheit zur Festheftung an Rumpf und Flügel. Es müssen ferner nothwendig zu Zeiten Bezirke mit stark entwickelter Muskulatur, mit schwach entwickelten Nachbarparthien des Muskelkegels am Schultergelenk zusammenwirken, um eine mittlere Resultirende zu geben, wobei immer diejenigen Fasern, welche später von der

das Schultergelenk umkreisenden Reizwelle getroffen sind, die stärkeren Dehnungszustände und die einwärts gerichtete Ablenkungscomponente aufweisen. Hier kann das numerische Verhältniss zwischen den nach verschiedenen Seiten ziehenden Fasern je nach Umständen ein sehr verschiedenes sein, und in Folge davon wird in den einzelnen gedehnten Fasern die Spannung nicht immer in gleich günstigem Masse verstärkt, an den stärker verkürzten Fasern nicht immer in gleich günstiger Weise vermindert sein dürfen.

Der Abstand der Muskeln vom Gelenk ist im Allgemeinen ein geringerer als derjenige der ε-Tangentenebene; die Spannung muss also grösser, die Länge kann geringer sein, und es verhalten sich die verschiedenen Fasern hierin verschieden. Bliebe nun bei jeder einzelnen Faser der Abstand vom Gelenk (der theoretische Hebelarm) constant, so würde der Modus der Abänderung von Spannung und Excursionsgeschwindigkeit immer noch genau demselben Gesetze folgen, wie bei der resultirenden Kraft in der ε-Tangentenebene. S o l c h e s i s t n u n a b e r n i c h t m ö g l i c h. Der Ansatzpunkt irgend einer Muskelfaser am Flügel bewegt sich in einer um den Schulterdrehpunkt gelegten Kugelfläche. Die gerade Verbindungslinie derselben mit einem bestimmten Punkte des Rumpfes muss nothwendig ihren Abstand vom Mittelpunkt bei der Drehung des Flügels von Moment zu Moment ändern und zwar je nach Umständen in verschiedener Weise.

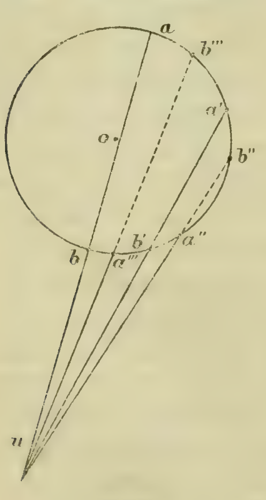


Fig. 27.

Im Allgemeinen schneidet sich die Zugrichtung der Muskelfaser mit jener Kugelfläche in dem Ansatzpunkt a und dann natürlich auch noch in einem zweiten Punkt b (Fig. 27). Erfolgt die Bewegung des Flügels im Sinn einer Bewegung gegen b hin, so rücken a und b gegeneinander, die Linie uba entfernt sich vom Drehpunkt. (Fig. 27 wenn a nach a', b nach b' rückt). Das Umgekehrte ist der Fall, wenn die Drehung nach der andern Seite erfolgt (wenn z. B. a'' nach a''', b'' nach b''' sich verschiebt).

In der Regel sind die F a s e r n d e s g r o s s e n B r u s t m u s k e l s so

angeordnet, dass sich beim Niederschlage des Flügels ihr theoretischer Hebelarm vergrössert. Doch ist dies bei verschiedenen Arten in sehr verschiedenem Maasse der Fall.

Die Herren P. Reichel und E. Legal haben bei Gelegenheit ihrer Untersuchungen über die quantitativen Verhältnisse des Flugapparates der Vögel (siehe das Schlusscapitel dieser Schrift) auch diesem Verhältnisse ihre Aufmerksamkeit zugewendet. Es wurde zunächst bei verschiedenen todten Vögeln experimentell der Drehpunkt des Flügels im Schultergelenk für die Hebung und Senkung bestimmt. Dann wurde der Flügel in natürlicher, maximal ausgestreckter Stellung, ungefähr in der *qv*-Ebene des Schultergelenkes, in verschiedene Stellungen gebracht und der theoretische Hebelarm der mittelsten Fasern der grossen Brustmukeln gemessen. Derselbe wurde in allen Fällen = 1 gesetzt und die ganze Flügellänge jeweilen als ein Vielfaches dieser Grösse bestimmt.

Es ergab sich folgendes interessante Resultat:

Flügellänge.

(Die Länge des jeweiligen Krafthebelarms = 1 gesetzt.)

	Hebung v. 30° über die Horizontalebene.	Horizontalstellung.	Senkung v. 30° unter die Horizontalebene.
Numenius	74,8	46,6	28,5
Corvus corone	59	34	29
Archibuteo lagopus	52,5	31	24
Vanellus cristatus	33,3	32	26,3
Larus argentatus	35	29	23,7

Der Gedanke liegt nahe, dass es sich hier um die Realisirung desselben Principes handelt, welches von A. Fick bei der Construction seines „Arbeitssammlers“ verwendet worden ist. Beim Beginn des Flügelniederschlages sind die mächtigsten Muskeln der Schulter gedehnt; es ist grosse Fähigkeit zur Leistung von Spannung disponibel; die Winkelgeschwindigkeit des Flügels aber ist eine verhältnissmässig grosse; der verticale Luftwiderstand am Flügel ist noch klein, weil die Luft erst im Verlaufe des Niederschlages mehr und mehr verdichtet wird. Die allmähliche Vergrösserung des Hebelarmes ermöglicht es, beim Beginn des Niederschlages die Längenänderung des Muskels einzuschränken, sodass für die späteren Phasen des Niederschlages noch

eine grössere Verkürzungsfähigkeit disponibel ist. Die grosse Fähigkeit des gedehnten Muskels, Spannung zu entwickeln, wird dabei besser ausgenutzt. Diese Fähigkeit nimmt mit zunehmender Verkürzung ab; der Effekt der Spannung zur Beschleunigung der Drehbewegung wird durch die Verlängerung des Hebelarms möglichst constant erhalten oder gesteigert, was wieder nicht möglich wäre, wenn nicht für die späteren Theile des Niederschlages noch eine grössere Muskelverkürzungsfähigkeit disponibel wäre.

Sowohl die Abänderung der Spannung als diejenige der Excursionsgeschwindigkeit des Muskels wird also durch diese Einrichtung modificirt, offenbar in vortheilhafter Weise. Besonders bemerkenswerth ist dabei, dass diese Umformung nicht immer in derselben Weise vor sich geht.

Es wird das Ziel einer besonderen Untersuchung sein müssen, den Grund zu derartigen Verschiedenheiten im einzelnen Fall nachzuweisen.

Wir haben somit dargethan, dass Mittel vorhanden sind, um die Abänderung der Spannung und der Excursionsgeschwindigkeit der Muskeln zu reguliren. Diese Mittel sind der Natur der Sache nach beschränkt; schon allein durch die räumlichen Verhältnisse der Ursprungs- und Ansatzflächen. Sonach ist kaum daran zu zweifeln, dass nicht in allen natürlichen, durch Muskeln bewegten Flugapparaten die äussere Arbeit der Muskeln mit demselben Grade von Oeconomie geleistet wird. Das denkbar günstigste Verhältniss zwischen dieser Arbeit einerseits, dem Stoffumsatz und der Muskelmenge andererseits kann nur annäherungsweise, im einen Fall etwas besser als im andern erreicht sein.

6. Vorbemerkungen über das Verhältniss der Muskelarbeit zu der locomotorischen Leistung.

Das Hauptziel unserer Aufgabe ist die Ermittelung des Verhältnisses zwischen der nothwendigen Muskelmenge und dem nothwendigen Stoffumsatz einerseits, der locomotorischen Leistung andererseits. Wir wollen den Einfluss des Baues des Vogelkörpers, seiner Grösse und seines Gewichtes und der Besonderheiten in der Art seiner Bewegung auf dieses Verhältniss kennen lernen. Dabei machen wir die Voraussetzung, dass wirklich in allen Fällen die beim normalen horizontalen Fluge nothwendige äussere Muskelarbeit mit derselben Oeconomie des Stoffumsatzes geleistet wird, dass

also die Abänderung der Spannung und Excursionsgeschwindigkeit nach der Zeit an ihren einzelnen Elementen überall in derselben typischen und öconomischen Weise geschieht.

Dann ist sowohl der Stoffumsatz als die Muskelmenge proportional der Muskelarbeit, wie auf S. 345 und vorher dargethan wurde.

Die locomotorische Leistung muss dabei, damit sie mit der Stoffumsatzgrösse vergleichbar sei, als Funktion der Zeit definirt werden. Nichts liegt näher, als dass man unter der verticalen locomotorischen Leistung beim horizontalen Normalfluge die Ueberwindung der Einwirkung der Schwere auf das Flugthier versteht, oder die Grösse PT, wenn P das Gewicht des Thieres und T der ins Auge gefasste Zeitraum ist. Diese Leistung stellt also keine Arbeitsgrösse dar, sondern ein Kraftmoment, gemessen durch ein Kräftefeld. Nach ähnlichem Princip muss auch die locomotorische Leistung in horizontaler Richtung bemessen werden, nach dem Produkte aus der Zeit und der Kraft, welche der Bewegung des Thieres in horizontaler Richtung entgegenwirkt. Es kann sich hierbei nur um den Luftwiderstand handeln. In vielen Fällen wird es genügen, den fingirten Widerstand ins Auge zu fassen, den der Vogelkörper hervorrufen müsste, wenn er dasselbe Gewicht P und dielbe mittlere Horizontalgeschwindigkeit V hätte, aber in einen starren Körper von bestimmter Gestalt und Dichte verwandelt wäre. Dieser Widerstand müsste eine Funktion von $P^{2|3}$ und V^2, die locomotorische Leistung in der z-Richtung also $f(P^{2|3}. V^2. T)$ sein.

Den nöthigen Stoffumsatz, die nöthige Muskelmenge bemessen wir im einzelnen Fall nach der nöthigen Arbeit der Gelenkdrehkraft $G_{\mu tg}$. Und zwar begnügen wir uns damit, die Grösse ihrer verticalen und ihrer z-Componente einigermassen sicher und richtig zu beurtheilen. Die Arbeit in der q-Richtung steht ja dazu in einem ziemlich constanten Verhältniss, das wesentlich nur von der Grösse des verticalen und horizontalen Schlagwinkels abhängt. Ist dieser Schlagwinkel grösser, so geht auch ein verhältnissmässig grösserer Theil der Muskelarbeit für die locomotorische Leistung verloren.

B. Specieller Theil.

1. Der Einfluss der Anzahl der Flügelschläge und der Grösse des Schlagwinkels.

Wenn die Zahl n der Flügelschläge pro Secunde sich m mal vergrössert, und dabei doch die locomotorische Leistung des horizontalen Normalfluges in der v- und z-Richtung gleich bleibt, so muss der pro Periode in den beiden Richtungen erzeugte locomotorische Effekt m mal kleiner sein. Wir denken uns jede Periode in x Phasen eingetheilt und untersuchen zunächst, in wie weit es möglich ist, dass in jeder einzelnen bestimmten Phase der von den Oberflächen des Körpers erzeugte Widerstand (auf die Zeiteinheit berechnet) gleich bleibt, so dass dann, in Folge der m mal kürzeren Dauer der Phase, sein Kräftefeld in der letzteren wirklich m mal kleiner sein muss.

Solches kann offenbar am besten geschehen, wenn in den entsprechenden Phasen die Geschwindigkeit und Bewegungs-Richtung der verschiedenen Oberflächen und die Orientirung derselben übereinstimmend bleibt. (Der Bau des Apparates wird natürlich als gleichbleibend vorausgesetzt). Es müssten also die v-, z- und q-Componenten der Geschwindigkeit in entsprechenden Phasen gleich bleiben, die in diesen Richtungen zurückgelegten Wege m mal kleiner sein. Die Aenderung der Geschwindigkeit würde von Phase zu Phase gleich, dagegen für gleichen Fortschritt der Zeit m mal rascher erfolgen. Die resultirenden beschleunigenden Kräfte müssten also jeweilen (auf die Zeiteinheit berechnet) m mal grösser sein.

Solches ist nun in der That nicht genau und vollkommen möglich. Es könnten sehr wohl z. B. die z- und v-Componenten der Bewegung nach wie vor sich ähnlich ändern, so dass die Sagittalprojektion der Punkttrajektorien nur in den Dimensionen, nicht in der Form sich ändern würden, aber es kann in diesem Falle nicht zugleich die Abänderung der queren Geschwindigkeiten nach ähnlichem Gesetz, nur m mal so rasch in der Zeit erfolgen, weil dieselbe von den absoluten Werthen der sagittalen Excursionen, zugleich aber auch von den Winkelgeschwindigkeiten der relativen Bewegung abhängig sind. Da bei m maliger Verkleinerung der sagittalen Excursionen der Schlagwinkel kleiner sein, die Flügellängslinie durchschnittlich weniger stark mit der q-Richtung diver-

giren muss, so werden die q-Excursionen im Durchschnitt mehr als um das m fache vermindert.

Und wenn auch die Richtung der Sagittalprofile der Flügelflächen zu ihren Trajectorien und zugleich zur z-Richtung in entsprechenden Phasen dieselbe sein kann, so divergiren doch, wegen des kleineren Schlagwinkels, die längs zum Flügel gerichteten Linien dieser Flächen weniger mit der q-Richtung.

Man hat nun im Auge zu behalten, dass der resultirende Widerstand bei einer bestimmten Bewegung einer Fläche gegen die Luft nicht die Resultirende der Einzelwiderstände ist, welche die Fläche erzeugen würde, wenn sie die verschiedenen Componenten ihrer Bewegung einzeln ausführte, sondern von der Grösse der resultirenden Bewegung in der Richtung ihrer Normalen abhängt. Man kann aber diese Bewegung finden, wenn man berechnet, wie gross in Folge jeder einzelnen Bewegungscomponente die in die Normalrichtung entfallende Bewegung ist, und diese verschiedenen Beträge addirt.

Sind also b_v, b_z und b_q die Componenten der Bewegung in den 3 Hauptrichtungen, α, β und γ die Winkel der Normalen mit diesen 3 Richtungen, so ist $b_v \cdot \cos\alpha + b_z \cdot \cos\beta + b_q \cdot \cos\gamma$ die resultirende Bewegung in der Richtung der Normalen $= b_n$. Der Widerstand ist dann $= b_n^2 \cdot \zeta F$, wobei ζ einen ein für allemal für die Bewegung in der Luft und die verwendeten Masseinheiten zu bestimmenden Quotienten und F die Grösse der Flügelfläche bedeutet.

Es kann also unmöglich genau ähnlich wie zuvor, nur m mal so rasch in der Zeit, zugleich sowohl die z- als die v-Componente der Bewegung als auch der Widerstand nach Grösse und Richtung sich ändern. Kleine Modificationen im Modus der Abänderung müssen hier oder dort, oder vielleicht bei allen diesen Grössen stattfinden, ja wahrscheinlich auch in der Stellung der Sagittalprofile. Besonders gut corrigirend wirkt offenbar eine angemessene Verlangsamung der relativen Geschwindigkeit in den Extremlagen und eine etwas mehr als m-fache Verminderung der v- und z-Excursionen der Punkte des Flügels, stets vorausgesetzt, dass $m > 1$ ist, also eine wirkliche Vermehrung der Schlagfrequenz zu Stande kommt.

Für den Fall, dass die Modificationen klein sind, verkleinern sich also die relativen und absoluten Geschwindigkeiten entsprechender Theile in entsprechenden Phasen nicht erheblich, während die zurückgelegten Wege m mal kleiner sind; die v- und z-Componenten der

äusseren Widerstandskräfte an Rumpf und Flügel sind in entsprechenden Phasen ungefähr gleich gross, ebenso die Wirkung des Flügelgewichtes; die Ordinaten ihrer Curven bleiben also in entsprechenden Phasen gleich, die Abscissen sind *m* mal kürzer, ebenso die ganzen Kräftefelder pro Periode (vgl. Fig. 16 und 17). Bedenkt man nun, dass die resultirenden Kräfte *m* mal grösser sein müssen, um in *m* mal kürzeren Phasen die resultirenden Geschwindigkeiten um dieselbe absolute Grösse zu ändern, dass die Ordinaten ihrer Curven also *m* mal höher werden (während ihre Abscissen ebenfalls *m* mal kleiner sind), so folgt, dass die inneren Kräfte hinsichtlich ihrer Spannung sich ändern müssen.

Man kann Fig. 16 u. 17 benutzen, um dies genauer zu verfolgen. Man denke sich, dass die Abscissenaxe hier das eine Mal einer Zeit T, das andere Mal einer Zeit $T \cdot \frac{1}{m}$ entspricht. Im letzteren Falle muss die Curve der resultirenden Kräfte am Flügel oder am Rumpf überall *m* mal höhere Ordinaten bekommen, während diejenigen der Curven von F, R, W_{rv} und W_{fv} gleich bleiben. Man erkennt dann, dass die Abstände der resultirenden Kräftecurve von W_{fv} resp. W_{rv} oder die Ordinaten der Curve der inneren Kräfte sich nicht überall gleichmässig ändern. In Fig. 16 rückt z. B. für $m > 1$ der Schnittpunkt C nach links; das Mittelfeld der inneren Kräfte, welches also aufwärts auf den Flügel wirkenden Kräften entspricht, wird mehr als *m* mal grösser, die beiden seitlichen Felder, welche inneren Kräften entsprechen, die den Flügel niederziehen, vergrössern sich um weniger als das *m* fache. Und da der Antheil, den der Bewegungsaustausch im Gelenk an der Wirkung der inneren Kräfte hat, zum Theil von F und W_{fv}, zum Theil aber von der resultirenden Bewegung abhängt, so ändert sich auch der Antheil, der auf die Gelenkdrehkräfte in der ε-Tangentenebene entfällt, ähnlich wie die gesammte innere Kraft.

Der vertical aufwärts gerichtete Zug der Muskeln am Flügel muss also durchschnittlich um mehr als das *m* fache zunehmen, die verticale Spannung der Niederzieher des Flügels dagegen um weniger als das *m* fache vermehrt sein.

Dieser Vermehrung der Spannung steht gegenüber die Verminderung der Excursion der Muskeln, aber nicht eine wesentliche Verminderung ihrer Excursionsgeschwindigkeit, die ja in den entsprechenden Phasen beinahe gleich gross geblieben ist. Bleiben die Hebelarme der Muskeln

dieselben, und will man den Einfluss der Schlagfrequenz kennen für die Voraussetzung, dass in allen Fällen die Muskeln mit derselben Oeconomie der Länge und des Querschnittes arbeiten, so muss man, wie mir scheint, annehmen, dass die grössere Schlagfrequenz keine Ersparniss an Muskellänge mit sich bringt. Dem Nachtheil der grösseren Anforderungen an den Muskelquerschnitt, namentlich der Hebemuskeln, steht also als Vortheil nur gegenüber die Ersparniss an Muskelarbeit in der q-Richtung in Folge des kleineren Schlagwinkels.

Man kann den Grund dieser Zunahme der Anforderungen an die Muskelmenge darin sehen, dass 1) bei jedem Niederschlag dieselbe Abwärtsgeschwindigkeit des Flügels anullirt werden muss, der Widerstand aber um so weniger dazu beiträgt, je schneller die Anullirung zu Stande kommt; 2) der Flügel bei jeder Hebung dieselbe Aufwärtsgeschwindigkeit erhalten muss. Die hierauf bezügliche Arbeit nimmt jedenfalls mit der Häufigkeit der Hebung zu. Die Schwere aber trägt zu ihrer Anullirung um so weniger bei, je kürzer die Zeit ist, während welcher dieselbe sich vollziehen muss.

Man muss sich allerdings fragen, ob nicht diese Vernichtung der lebendigen Kraft am Ende des Niederschlages und im Beginn der Hebung zur passiven Dehnung der Flügelheber resp. der Flügelniederzieher dient, und ob diese Dehnungsarbeit nicht wieder zur Ersparniss von activen Kräften bei der Flügelhebung und beim Flügelniederschlage nutzbar gemacht wird.

Es kann natürlich kein Zweifel darüber herrschen, dass der passiv gedehnte Muskel, wenn er sich ungereizt wieder zusammenzieht, die an ihm geleistete Arbeit wieder zurückgiebt. Hier aber ist der Muskel während des Beginnes der Verkürzung und vielleicht auch schon während der Dehnung activ betheiligt. Es ist sicher, dass der gedehnte gereizte Muskel einer grösseren Arbeitsleistung fähig ist; ob er aber wirklich entsprechend der zu seiner Dehnung verbrauchten Arbeit sparsamer arbeitet, ist eine andere Frage. Auf jeden Fall aber müsste ein solches Verhältniss auch bei n Flügelschlägen ausgenutzt sein, und wenn nun durch Vermehrung der Zahl der Flügelschläge eine grössere Arbeit der Muskulatur zur Hemmung und Wiedereinleitung der Bewegung des Flügels nöthig wird, so steigen doch wohl damit unter allen Umständen die Anforderungen an den Querschnitt der Muskeln.

Eine Verminderung der Schlagfrequenz mit entsprechender Vergrösserung des Schlagwinkels ver-

bunden erlaubt also, wie sich aus dem Angeführten ergiebt, eine Ersparniss an Muskelmenge und Stoffumsatz. Doch giebt es eine Grenze, über die hinaus die Verlangsamung des Flügelschlages nicht mehr von Nutzen ist. Erstens ergiebt sich aus der Betrachtung der Curventafeln 16 u. 17, dass eine Verkleinerung sämmtlicher Ordinaten der resultirenden Kräftecurve um ein m faches von um so geringerem Einfluss auf die Verkleinerung der Ordinaten der Curve der inneren Kräfte ist, je flacher die Curve der resultirenden Kräfte bereits im Verhältniss zur Curve von Flügelwiderstand plus Schwere ist, andererseits aber wird der schädliche Einfluss einer Vergrösserung des Schlagwinkels um so bedeutender, bei der Verminderung der Zahl n der Flügelschläge um ein m faches, je grösser er bereits ist. Es giebt eine Grenze, wo Vortheil und Nachtheil sich die Wage halten müssen, und diese Grenze ist sicher unter allen Umständen sehr rasch erreicht, wenn einmal die Grösse des Schlagwinkels den Betrag 60^0—90^0 überschritten hat.

2. Der Einfluss der Flügelform.

Man denke sich den Flügel eines horizontal und mit gleichmässigen Flügelschlägen dahinziehenden Vogels plötzlich in seiner Form so verändert, dass die Flügelfläche im Ganzen gleich gross bleibt, der Flügel aber länger und schmäler, oder kürzer und breiter wird, oder an der Spitze sich verschmälert, an der Basis verbreitert etc. Der Flügelschlag aber soll möglichst wie zuvor fortgesetzt werden, jedenfalls der locomotorische Effekt pro Sekunde derselbe bleiben. Setzen wir zunächst den einfachsten Fall, dass von n gleich breiten, quer zur Flügellängslinie verlaufenden Streifen, in welche wir uns den Flügel zerlegt denken, jeder um ein $m$faches länger und schmäler wird, also die ganze Flügellänge um ein $m$faches sich verkürzt. Es sind dann annäherungsweise auch die n gleich breiten von Sagittalprofilen begrenzten Streifen, in welche wir bei irgend einer Stellung den Flügel zerlegen können, um ein $m$faches, schmäler und länger als zuvor. Es besteht nun aber durchaus keine Schwierigkeit anzunehmen, dass die sich entsprechenden Streifen nach wie vor in gleich geformten Trajectorien sich bewegen, wenigstens in Trajectorien, deren Sagittalprojectionen gleich geblieben sind. Die Bewegung kann mit demselben Modus der Geschwindigkeit und Geschwindigkeitsänderung verlaufen, wie zuvor; die Neigung der Sagittalprofile zu ihren Trajectorien kann

an den entsprechenden Punkten der Trajectorien dieselbe sein. Die entsprechenden Theilpunkte der Flügellänge bewegen sich dann in derselben Weise wie zuvor, so weit es die z- und v-Richtung anbelangt. Die Bewegung in der queren Richtung und die Stellung der qv- und qz-Profile des Flügels aber muss in den sich entsprechenden Phasen eine etwas andere sein; denn wenn die gleichen Theilpunkte des Flügels dieselben verticalen Excursionen machen, so liegen sie doch dem Gelenk um ein $m$faches näher, der verticale Schlagwinkel muss annähernd m mal grösser geworden sein. Ebenso verhält es sich hinsichtlich des horizontalen Schlagwinkels. Wenn nun auch die Vergrösserung des letzteren mit sich bringt, dass nicht in jeder Phase sämmtliche n sagittale Streifen genau um das $m$fache verlängert oder verschmälert und genau gleich gross geblieben sind, ferner wegen der Zunahme der Divergenz der Flügelfläche mit der q-Richtung in sich entsprechenden Phasen des Flügelschlages die Bewegung der einzelnen Streifen gegen die Luft in etwas anderer Richtung erfolgt, wenn auch schon ohnedies mit der Aenderung des Schlagwinkels trotz der gleich bleibenden Verhältnisse der sagittalen Bewegungscomponenten eine Aenderung der Widerstandsverhältnisse verbunden sein muss (s. voriges Kapitel), so genügt doch eine verhältnissmässig geringe Modification der Bewegung, damit jeder der n Streifen in entsprechenden Phasen annähernd denselben z- und v-Widerstand erzeugt, wie zuvor. Der horizontale und verticale Schlagwinkel sind dann jedenfalls mindestens um das $m$fache vergrössert, die Excursionen entsprechender Theilpunkte der Flügellänge zum Rumpf haben sich absolut nicht bloss in der q-Componente, sondern auch in den Sagittalcomponenten etwas vergrössert, aber nur um ein Geringes. Die Vertheilung des Flügelgewichtes und Flügelwiderstandes auf die Punkte o und ε wird nicht wesentlich geändert. Die v- und z-Componenten der resultirenden Kräfte am Flügel und Rumpfschwerpunkt, sowie der gesammten inneren Kräfte an diesen Punkten und der Gelenkdrehkräfte in der ε-Tangentenebene bleiben wesentlich dieselben, auch die relativen Excursionen des Punktes ε oder μ zum Rumpfe; demnach auch die Muskelarbeit. Die Kraftmomente aller Kräfte am Flügel sind dann dieselben geblieben, der Trägheitshalbmesser des Flügels mit Bezug auf o-Axen und Längslinie ist um das $m$fache kürzer geworden, das Trägheitsmoment m mal kleiner. Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung können also wirklich jederzeit m mal grösser sein. Bleibt die absolute Entfernung der Muskeln vom Gelenk dieselbe,

so erscheinen die Ansatzpunkte der Muskeln relativ zur Länge des Flügels nach aussen verschoben, Querschnitt und Länge sind gleich geblieben. Aendern sich aber die Muskelhebelarme ähnlich wie die Flügellänge, so müssen die Muskelmassen absolut gegen das Gelenk zusammengedrängt sein; ihr Querschnitt muss grösser, die Länge kleiner geworden sein, oder es muss (bei schrägfasrigen Muskeln) eine Umlagerung der Fasern im Sinn einer grösseren Parallelstellung mit der Längsrichtung der Muskelkörper stattgefunden haben.

Nun ist aber in Wirklichkeit eine Vergrösserung des Schlagwinkels doch bei sonst gleichen Verhältnissen mit einem Mehraufwand von Muskelarbeit und Muskelmenge verknüpft und kann ohne grossen Nachtheil über eine gewisse Grenze nicht vermehrt werden; je kürzer und breiter relativ der Flügel ist, desto grösser der Kraftverlust, wobei zu berücksichtigen ist, dass ein Mehrgewicht der Muskulatur selbst wieder ein plus von Luftwiderstand bei derselben Horizontalgeschwindigkeit nothwendig macht. Wenn die Vergrösserung des Schlagwinkels eine gewisse Grenze erreicht hat, so wird eine weitere Vergrösserung der Winkelgeschwindigkeit (welche in Folge einer weiteren Verkürzung und Verbreiterung des Flügels nothwendig ist) besser durch Vermehrung der Zahl der Flügelschläge erzielt, und der hiermit verbundene Nachtheil ist genau derselbe, als ob bei gleich lang bleibendem Flügel eine Zunahme der Schlagfrequenz zugleich mit einer entsprechenden Verminderung des Schlagwinkels eintreten würde (s. voriges Kapitel).

Thatsächlich zeigen Vögel mit relativ kurzen und breiten Flügeln eine grössere Schlagfrequenz und eine grössere Muskelmasse, als gleich schwere Flieger von ähnlichem Flugvermögen und ähnlich grossen aber langen und schmalen Flügeln.

Aendert sich das Verhältniss der Flügelbreite an verschiedenen Stellen der Länge in verschiedener Weise, so complicirt sich der Vergleich.

Zunächst vertheilt sich in diesem Falle das Flügelgewicht und der Flügelwiderstand in etwas anderer Weise auf die Punkte o und ε. Sodann nimmt der Flügel, je nachdem er an der Basis oder an der Spitze breit ist, grösseren oder geringeren Antheil an den Bewegungen des Rumpfes gegen die Luft. Es würde zu weit führen, dies hier für verschiedene Verhältnisse der Rumpfoscillationen genauer zu erörtern. Im Grossen und Ganzen ist

natürlich auch hier wieder die Entfernung des Punktes ε von o von der grössten Bedeutung. Auch hier wächst bei gleich grosser Flügelfläche der Schlagwinkel oder die Schlagfrequenz, wenn $o\varepsilon$ kleiner wird u. s. w.

Der schädliche Einfluss einer Verkürzung und Verbreiterung des Flügels wird nun allerdings dadurch etwas gemindert, dass in Folge dieser Veränderung das Gewicht des Flügels um etwas vermindert werden kann.

Ein an der Basis verhältnissmässig mehr als an der Spitze verbreiteter Flügel und wohl auch ein breiter Flügel überhaupt bietet für die Umwandlung von horizontaler Geschwindigkeit in Auftrieb gewisse Vortheile und steht überhaupt mit bestimmten Besonderheiten der Flugweise im Zusammenhang, worüber später noch Einiges gesagt werden soll.

3. Der Einfluss der Grösse der Flügelfläche.

Wir setzen den Fall, dass an einem Vogel, der horizontal, mit gleichmässigen Flügelschlägen dahinzieht, die Flügel plötzlich m mal schmäler werden, während die Länge und das Gewicht gleich bleibt, auch sonst die Structur so zweckmässig ist, wie zuvor. Der horizontale Normalflug könnte nun in möglichst derselben Weise wie zuvor, mit derselben Horizontalgeschwindigkeit fortgesetzt werden, wenn die entsprechenden Nummern der x sagittalen Streifen, in welche man die Flügelfläche zerlegen kann, während der entsprechenden Phasen der gleich lang dauernden Perioden in derselben Richtung und Orientirung, wie zuvor, aber mit einer $\sqrt{m}$ mal grösseren Geschwindigkeit gegen die Luft gehen würden. Es bliebe dann Grösse und Richtung des Widerstandes in den entsprechenden Phasen unverändert. Es fragt sich, wie weit solches möglich ist.

Wenn der vom Flügel erzeugte Luftwiderstand eine Funktion einzig und allein der relativen Bewegung des Flügels parallel der qv Ebene wäre, wie dies von Prechtl wirklich angenommen wird, dann würde die Beantwortung dieser Fragen sehr leicht sein. Eine Verschmälerung jedes Abschnittes der Flügellänge um das m fache würde durch eine $\sqrt{m}$ malige Vergrösserung der Winkelgeschwindigkeit in den sich entsprechenden Phasen der Periode compensirt werden können. Aber auch bei der genannten Voraussetzung ist eine solche Schlussfolgerung nur zulässig, wenn die Bewegung des Schulterdrehpunktes o in verticaler Richtung $= 0$ ist und wenn ausserdem die Sagittalprofile des Flügels stets sämmt-

lich horizontal gestellt sind. Ersteres kann für gewisse Fälle (kleine Flugthiere) als annähernd richtig zugegeben werden. Letzteres trifft für den Normalflug mit gleichförmiger mittlerer Horizontalgeschwindigkeit niemals zu. Der Flügel ist vielmehr bald pronirt, bald supinirt; es hat dann auch die Translationsbewegung des Flügels mit dem Ganzen eine Componente, welche in die Normalrichtung des Flügels oder einiger Theile der Flügelfläche entfällt; der Widerstand ist nicht bloss von der relativen Flügelbewegung abhängig. Bei der relativen Flügelbewegung aber kommt aus dem gleichen Grunde nicht bloss die verticale und quere Componente der Bewegung, sondern auch die z-Componente in Betracht. Es ist also genauer zu untersuchen, wie die absolute und relative Bewegung des Flügels sich ändern muss, damit letzterer trotz der Verkleinerung in jeder Phase denselben Widerstand (pro Zeiteinheit) nach Grösse und Richtung erzeugt.

Was die v und q-Componenten der Bewegung betrifft, so hängen dieselben bloss von der relativen Bewegung zwischen Rumpf und Flügel ab, sofern wir wenigstens den Einfluss der Oscillationen des Rumpfes auf die Bewegung des Flügels hierbei ausser Acht lassen. Es besteht kein Zweifel, dass diese Bewegungen in den entsprechenden Phasen durchschnittlich um ein $\sqrt{m}$ faches vermehrt werden und dabei im Modus ihrer Abänderung in geeigneter Weise modificirt werden können. Gelänge es, auch die z-Componenten der absoluten Bewegung um ein $\sqrt{m}$ faches in jeder Phase und an jedem Punkte des Flügels zu ändern, so würde die ganze absolute Bewegung der Fläche gegen die Luft um ein $\sqrt{m}$ faches in jeder Phase beschleunigt; es könnte bei $\sqrt{m}$ facher Vermehrung der Schlagfrequenz der horizontale und verticale Schlagwinkel beibehalten werden. Die Anforderungen an die Muskellänge würden um das $\sqrt{m}$ fache, diejenigen an den Querschnitt nicht ganz um das m fache wachsen. Man könnte dann leicht ermitteln, was geschehen muss, wenn die Grösse des Schlagwinkels statt der Schlagfrequenz vermehrt ist. Ist es nun wirklich möglich, auch die z-Componenten der absoluten Bewegung an jedem Punkt, in jeder Phase um das $\sqrt{m}$ fache zu beschleunigen? Daran ist nicht zu denken, indem die relative Bewegung der verschiedenenen Punkte des Flügels nicht in jeder beliebigen Weise gesteigert werden kann, sondern nur nach einem bestimmten gegenseitigen Verhältniss, da sie ja zu einem mehr oder weniger starren Ganzen verbunden sind.

Bezeichnen wir mit v die Translationsgeschwindigkeit des

Rumpfes, mit $\pm r_z$ die relative Bewegung eines Flügelpunktes zum Rumpf in der z-Richtung, so ist $v \pm r_z$ die absolute Bewegung nach vorn.

Wird $(v \pm r_z)$ zu $\sqrt{m}(v \pm r_z)$ geändert, so muss jetzt die relative Bewegung in der z-Richtung $= r'_z = \sqrt{m}(v \pm r_z) - v = \pm r_z \sqrt{m} \pm v (\sqrt{m} - 1)$ sein. Die nothwendige Zunahme der relativen Bewegung ist eine mehr als $\sqrt{m}$ fache, der letzte Ausdruck ist absolut $> r_z \sqrt{m}$, wenn r_z vorwärts gerichtet ist, also bei der Vorführung des Flügels; sie kann geringer sein, wenn r_z rückwärts gerichtet ist, also bei der Rückführung des Flügels. Aber je näher ein Punkt dem Gelenk liegt, desto kleiner ist r_z gegenüber v_z, desto mehr nähert sich also der Werth r'_z dem Betrag $v (\sqrt{m} - 1)$, mag nun die relative z-Excursion vor- oder rückwärts gerichtet sein. Durch keine Steigerung der Geschwindigkeit der relativen Bewegung, auch nicht unter Beihülfe der Einziehung der Schwinge, kann die geforderte Aenderung an allen Punkten des Flügels zu Stande gebracht werden. Hier wird also eine tiefer greifende Modification der Bewegungsform nothwendig. Vor Allem ist ersichtlich, dass eine Beschleunigung der relativen Bewegungen in der z-Richtung an der Spitze des Flügels die absolute z-Geschwindigkeit am meisten zu beeinflussen und zwar geradezu zu vermindern vermag. Wenn alle Punkte in $\sqrt{m}$ fach kürzerer Zeit annähernd dieselbe verticale Oscillation beschreiben, so müssten bei gleich bleibender absoluter z-Geschwindigkeit die Trajectorien aller Punkte überall entsprechend steiler auf- oder absteigen. Wird aber bei der Vorführung des Flügels die absolute Geschwindigkeit vermehrt, bei der Rückführung verlangsamt, wie dies an der Flügelspitze der Fall sein kann, so werden die oberen Theile der Trajectorien gestreckter, die unteren steiler; das ermöglicht eine Vergrösserung der Pronationsstellung der Sagittalprofile an der Spitze des Flügels am Ende des Niederschlages, nöthigt vielleicht zu einer stärkeren Supination ebendaselbst im Beginn der Hebung und erlaubt eine bessere Horizontalstellung derselben bei der Vorführung des Flügels. Berücksichtigt man dies, so ergiebt sich, dass am Ende des Niederschlages die Bewegung in der Normalrichtung der Unterfläche viel stärker als um das $\sqrt{m}$ fache beschleunigt werden kann, um so mehr, je weiter gegen die Flügelspitze die Oberflächenpunkte gelegen sind, zugleich kann die z-Componente des Widerstandes gegenüber der v-Componente begünstigt werden, während die relative z-Bewegung nicht mehr als um das $\sqrt{m}$ fache zuzunehmen

braucht. Hier wird verhältnissmässig an relativer Bewegung gespart, ein grösserer z-Widerstand, vielleicht ein zu geringer v-Widerstand erzeugt, eine grössere innere Spannung in der z-Richtung, eine geringere in der Richtung aufwärts entwickelt. Dafür muss bei den hohen Lagen des Flügels ein grösserer verticaler Widerstand erzeugt werden; ein Theil der grossen Vorwärtsbeschleunigung kann in Auftrieb verwandelt werden durch relativ mehr als $\sqrt{m}$ fache Steigerung der Vorwärtsgeschwindigkeit des supinirten Flügels; eine solche Steigerung kann wesentlich nur an den äusseren Theilen in Betracht kommen; grössere Supination dieser Theile, oder eine Vermehrung der relativen Abwärtsgeschwindigkeit des Flügels im Beginn des Niederschlages kann zu Hülfe kommen.

Eine Steigerung sämmtlicher relativen Geschwindigkeiten um das $\sqrt{m}$ fache würde natürlich zur Folge haben, dass eine bebestimmte Reihe ähnlicher Formzustände in $\sqrt{m}$ mal kürzerer Zeit in Erscheinung treten, jede entsprechende Phase also $\sqrt{m}$ mal kürzer ist. In Folge davon müssen die Anforderungen an die Grösse der resultirenden Kräfte am Flügel überall um das m fache vermehrt sein, da die $\sqrt{m}$ mal grössere Veränderung der Geschwindigkeiten in der $\sqrt{m}$ mal kürzeren Zeit zu Stande gebracht werden muss; die Anforderungen an die Excursionsgeschwindigkeit der Muskeln würde um das $\sqrt{m}$ fache zunehmen. Die einer Periode entsprechenden Abscissen der Curven in Fig. 16 und 17 müssten $\sqrt{m}$ mal kürzer, oder mit $\sqrt{m}$ mal grösserer Masseinheit gemessen werden. Die Grösse des Widerstandes bleibt im Mittel ungefähr gleich gross. Die Ordinaten der Curve der resultirenden Kräfte werden im Durchschnitt m mal höher. Wäre dies auch an jeder einzelnen Stelle der Fall, so müssten die Kräftefelder der inneren Kräfte im Ganzen nicht ganz m mal grösser geworden sein.

In Wirklichkeit ändert sich nicht bloss die Vertheilung der Widerstände, sondern auch die Vergrösserung der resultirenden Kräfte ist nicht überall eine gleichmässige. Dies hat jedenfalls eine noch unregelmässigere Zunahme der inneren Kräfte und der Muskelspannungen zur Folge; vielleicht vermindert oder vermehrt sich dabei auch noch die Grösse der ganzen Kräftefelder der innneren Kräfte etwas. Es wird jedoch das, was durch die letztgenannten Umstände in dem einen Theil der Periode an Querschnittsbeanspruchung mehr oder weniger gefordert wird, in einem anderen Theil der Periode durch entgegengesetztes Verhalten wohl

ziemlich vollständig compensirt, oder einer Ersparniss an Querschnitt entspricht eine Mehranforderung an die Länge und umgekehrt. Dann würde mit der Verkleinerung des Flügels eine nicht ganz $m$fache Vermehrung der Ansprüche an die Muskelquerschnitte verbunden sein.

Es kommt nun aber ausserdem in Betracht ein im Mittel $\sqrt{m}$ mal schnellerer Ablauf der einzelnen Phasen, oder eines ganzen Flügelschlages von bestimmtem Schlagwinkel.

Wird letzterer nicht verändert, so muss die Schlagfrequenz entspechend zunehmen. Es ist klar, dass bei vermehrter Schlagfrequenz zwar die Dauer der einzelnen Phasen eine kürzere ist, dafür wiederholen sie sich aber entsprechend häufiger, so dass wir diesen Umstand bei Beurtheilung der Querschnittsbeanspruchung vernachlässigen konnten.

Die grössere Excursionsgeschwindigkeit macht aber unserer Ansicht nach eine entsprechend grössere Muskellänge und Muskelmenge nothwendig. Die Verkleinerung des Flügels würde also zur Folge haben:

1) Im Mittel eine nicht ganz $m$fache Vermehrung der Anforderungen an die Muskelmenge wegen der nöthig gewordenen grösseren Werthe von $G_{\mu tg}$.

2) eine annähernd $\sqrt{m}$ fache Vermehrung der Muskelmenge wegen der grösseren relativen Excursionsgeschwindigkeit von ε.

Im Ganzen also eine mehr als $m$fache Zunahme der Muskulatur.

Man wird sich kaum vorstellen dürfen, dass die Qualität der Muskelsubstanz sich bei Aenderung der Verkürzungsgeschwindigkeit allzuleicht ändert. Wohl aber kann die Verkürzungsgeschwindigkeit in erster Linie so weit gesteigert werden, als die Gesammtexcursion (der Schlagwinkel) einer Vergrösserung fähig ist, insofern wenigstens für die grössere Gesammtexcursion nicht mehr Zeit in Anspruch genommen wird. So entwickelt sich mit der grösseren absoluten Geschwindigkeit, mit welcher die Muskelendpunkte gegeneinander rücken, eine grössere Faserlänge; Qualität und Verkürzungscoefficient der Muskelsubstanz aber bleiben zunächst im Wesentlichen unverändert. Erst wenn eine Vergrösserung der Gelenkexcursion aus andern Gründen mit zu grossen Nachtheilen verbunden ist, wird eine weitere Vergrösserung der Excursionsgeschwindigkeit zu tiefer greifenden Veränderungen der Qualität und eventuell zur Abänderung des Verkürzungscoefficienten führen.

Von diesem Gesichtspunkte aus versteht man, dass im Allgemeinen eine Verkleinerung des Schlagwinkels und eine Vergrösserung der Schlagfrequenz, so vortheilhaft sie in mancher Hinsicht erscheint, doch nur bis zu gewissen Grenzen mit wirklichem Nutzen ausgebildet werden kann.

Man wird sich aber auch nicht mehr darüber wundern, dass bei sonst gleichen Verhältnissen, aber verschiedener Grösse des Flügels, dem kleinen Flügel im Allgemeinen der grössere Schlagwinkel entspricht. In Folge davon braucht dann die Schlagfrequenz entsprechend weniger vergrössert zu sein.

Der Nachtheil eines relativ kleineren Flügels ist nun aber nicht so gross, als es nach dem Vorhergehenden scheinen möchte. Man darf nämlich nicht ausser Acht lassen, dass der kleinere Flügel auch zugleich der leichtere ist, der die kleinere Masse darstellt. Man denke sich die Verkleinerung zunächst als Verschmälerung, von n gleichen Längsstreifen des Flügels jeden m mal schmäler. Jeder Streifen erfährt dann durchschnittlich denselben Widerstand, beim kleinen wie beim grossen Flügel, befindet sich aber in m mal geringerer Entfernung vom Hauptbalken des Flügels. An Quer- und Längsschnitten ist die Abscheerungsbeanspruchung durch die Verkleinerung nicht geändert worden; da die Querschnitte kürzer geworden sind, die Längsschnitte aber dieselbe Länge behalten haben, so müsste der kleinere Flügel überall etwas, doch im Mittel nicht m mal dicker sein. Lässt man die Scheerungsbeanspruchung ausser Betracht, so muss wegen der Längsdurchbiegung der Flügel überall $\sqrt{m}$ mal dicker, wegen der Querdurchbiegung könnte er um ebenso viel mal dünner sein. Was zur Verstärkung der Längsverbindungen mehr an Material gebraucht wird, kann an den Querverbindungen erspart werden. Der gleich dicke, oder wegen der Abscheerungsverhältnisse kaum $\sqrt{m}$ mal dickere Flügel ist aber m mal schmäler, so dass er wohl Alles in Allem genommen mehr als $\sqrt{m}$ mal leichter sein kann.

Diesem Umstande entsprechend könnten nun die resultirenden Kräfte am Flügel jeder Zeit etwas mehr als $\sqrt{m}$ mal kleiner sein, während sie aus anderen Gründen, die oben erörtert wurden, nicht ganz m mal grösser sein müssen.

Wir wollen annehmen, dass diese beiden Einflüsse sich ungefähr das Gleichgewicht halten, der ganze Nachtheil des kleineren

Flügels also in der nothwenigen grösseren Excursionsgeschwindigkeit von ε besteht. Einem m mal kleineren Flügel würde also eine $\sqrt{m}$ mal grössere Muskelmenge entsprechen müssen.

Leicht gelingt es nun den Einfluss einer Verkleinerung der Flügelfläche zu beurtheilen, die mit Verkürzung des Flügels verbunden ist. Man beurtheilt zunächst den Einfluss einer gleich grossen Verkleinerung, welche bloss durch Verschmälerung zu Stande gebracht wird. Die im 2. Kapitel dargelegten Grundsätze geben dann Aufschluss über die neue Aenderung, welche durch Verbreiterung dieses Flügels hervorgerufen wird.

Der Nachtheil eines kleinen, die Vortheile eines grossen Flügels wären hiermit in erschöpfenderer Weise dargethan, als dies bis jetzt von irgend einer Seite geschehen ist. Es bleibt noch zu untersuchen, durch welche Umstände der Nutzen einer immer weiter gehenden relativen Vergrösserung des Flügels beschränkt wird.

Wir haben bis jetzt nicht berücksichtigt, dass die Schwere auf den kleineren und leichteren Flügel anders einwirkt, und dass die Bewegung des relativ schwereren Rumpfes durch innere und äussere Kräfte, und mit ihm diejenige der Flügelbasis eine wesentlich andere sein muss.

In der That kommt der geänderte Einfluss der Schwere nicht erheblich in Betracht, wenn es sich um die Verkleinerung eines bereits kleinen Flügels handelt; anders wäre die Sache, wenn die relative Flügelgrösse über eine gewisse Grenze hinaus vermehrt würde. Die damit nothwendig verbundene relative Verminderung des Rumpfgewichtes muss geradezu schädlich wirken. Man hat dabei zu berücksichtigen, dass bei Vergrösserung der Flügelfläche zwar die Excursionen um das $\sqrt{m}$ fache abnehmen können, bei gleich bleibendem Schlagwinkel. Die resultirenden inneren Kräfte bleiben dieselben, wenn die $\sqrt{m}$ fach geringere nothwendige Beschleunigung einen $\sqrt{m}$ mal grösseren Flügel treffen. Wenn nun die Masse des Rumpfes in stärkerem Grade vermindert wird, was mit zunehmender Vergrösserung des Flügels immer mehr der Fall ist, so müssen die relativen Oscillationen des Rumpfes immer grösser werden; sie beeinflussen die Bewegung des Fügels in ungünstiger Weise, indem seine basalen Theile in immer ausgedehnterem Maasse den Bewegungen des Rumpfes folgen.

Es müssen in Folge davon die relativen Excursionen des Flügels doch wieder verhältnissmässig gross sein. Auch folgt

daraus, dass immer mehr gerade die äusseren Theile des Flügels den hauptsächlichen Widerstand erzeugen müssen, was zur Folge haben wird, dass bei m facher Vergrösserung der Flügelfläche das Flügelgewicht verhältnissmässig stärker, mehr als um das $\sqrt{m}$ fache wachsen muss, so dass die resultirenden inneren Kräfte der ε-Tangentenebene doch etwas zunehmen müssen. Dabei ist vorausgesetzt, dass der Flügel seine nothwendige Festigkeit immer mit dem denkbar geringsten Aufwand an Material erreicht.

Ueberdies nimmt die Möglichkeit einer raschen Aenderung der Rotation des Flügels um quere Axen durch innere Kräfte, ohne schädliche Gegendrehung des Rumpfes, ab (s. pg. 267).

Alle diese Umstände machen verständlich, dass die relative Vergrösserung des Flügels nicht zu weit getrieben werden kann.

4. Das Verhältniss von $t : \tau$ und T.

Prechtl ist der Meinung, dass die geringste Arbeitsleistung beim Fluge eigentlich dann gegeben sein müsste, wenn $\tau = o$ ist: wenn der Vogelkörper während der Flügelhebung nicht sinkt, so braucht er durch den Niederschlag auch nicht gehoben zu werden. So absurd eine derartige Betrachtungsweise ist, so macht es doch andererseits einige Schwierigkeiten, zu erkennen, von welchen Verhältnissen die Grössen T, t und τ abhängig sind.

Man wird vor Allem gerade entgegengesetzt zu Prechtl festzuhalten haben, dass bei einer bestimmten gegebenen Einwirkung des Flügelniederschlages auf die Gesammtmasse die Länge der Hebung τ bestimmt ist oder nur innerhalb enger Grenzen schwanken kann. τ wird so lange dauern können, bis die Energie, welche resultirend dem System beim Niederschlag in der Richtung nach oben hinzugefügt wurde, durch die Einwirkung der Schwere und anderer äusserer Kräfte wieder vernichtet ist. Dieser Zeitraum τ wird etwas länger dauern, wenn das System während der Flügelhebung aufwärts gerichtete Luftwiderstände erzeugt. Abgesehen hiervon aber, hängt sie einzig von den Verhältnissen des Flügelniederschlages ab. Nach ihnen hat sich daher auch im Wesentlichen die Rückführung des Flügels zu richten: sie muss in der verfügbaren Zeit τ vollzogen werden. Die Zeit τ kann zwar in einem Fall kleiner, im anderen grösser sein, das Verhältniss $t : \tau$ kann sich ändern, während t gleich gross bleibt,

aber es müssen dann, wenn nicht die zeitlichen so doch andere Verhältnisse des Niederschlages geändert sein.

Wir wollen nun zunächst annehmen, dass der Luftwiderstand in der Zeit τ zum mindesten nicht am Flügel hebend einwirkt. Die Hebung des Flügels geschieht dann entgegen der Schwere durch innere Kräfte und zwar im Wesentlichen durch Gelenkdrehkräfte (Voraussetzung, dass die verticalen Oscillationen des Rumpfes unerheblich sind); wir wollen auch annehmen, dass es sich wesentlich um Muskelkräfte handelt. Die Hemmung der Aufwärtsbewegung des Flügels in der zweiten Hälfte der Periode geschieht durch die Schwere bei Abnahme der hebenden Muskelkräfte; unter Umständen aber müssen zum Schluss niederziehende Muskelkräfte mitwirken. Bei ähnlicher Aenderung der verticalen Geschwindigkeit des Flügels in den einander entsprechenden n Phasen von τ und bei ähnlicher Zu- und Abnahme der Spannung in den betheiligten Muskeln wird

a) die Beanspruchung des Querschnittes unter Anderem wegen ihrer zeitlichen Dauer proportional sein der Grösse τ;

b) die Excursionsgeschwindigkeit aber wird dieser Grösse umgekehrt proportional sein.

Auf Grund der unsern Betrachtungen zu Grunde gelegten Hypothese von der Bedeutung der Excursionsgeschwindigkeit würde der Schluss erlaubt sein, dass diese beiden Einflüsse sich gegenseitig Gleichgewicht halten hinsichtlich des Stoffumsatzes und der im Ganzen nöthigen Muskelmenge. Ausschlaggebend für diese Verhältnisse sind also hauptsächlich nur die Mittelwerthe und Maxima der nothwendigen Muskelspannungen ($G_{\mu tg}$). Wenn die Schwere allein die Hemmung des aufsteigenden Flügels übernimmt, so ist das Kräftefeld der verticalen Componenten von $G_{\mu tg}$ absolut gleich dem der Schwere; die mittlere Spannung gleich der Einwirkung der Schwere auf den Flügel ($F\varepsilon$). Je mehr aber zum Schluss niederziehende Kräfte wirken, desto grösser ist, ganz abgesehen von der Dauer, die mittlere Beanspruchung des Querschnittes der Hebemuskeln, und ausserdem kommt nun auch noch eine Inanspruchnahme der Niederzieher in Betracht. [1]).

---

[1]) Ausserdem hängt die Beanspruchung des Muskelquerschnittes aber noch ganz besonders von der maximalen Spannung ab, und diese wächst für die Hebemuskeln sowohl, als für die Niederzieher umgekehrt wie τ^2 (bei m mal grösserem τ und sonst gleichen Verhältnissen sind die resultirenden verticalen Geschwindigkeiten und Geschwindigkeitsänderungen des Flügels in ähnlich nummerirten, m mal

Wirken nun neben den inneren Kräften und der Schwere auch noch Luftwiderstände vertical auf den Flügel, so geschieht dies so, dass sie zu Anfang eher die Hebung hindern; am Schluss der Hebung aber wirken sie, wenn überhaupt, nach oben. Immerhin kann durch dieselben die mittlere Spannung der Flügelheber unter Umständen bedeutend entlastet werden.

Diese ihre Wirkung kann um so mehr und um so früher in der Zeit in Frage kommen, je länger τ, und je früher in der Periode die nöthige supinatorische Umstellung des Flügels vollzogen ist; je grösser ferner die Flügelfläche und ihre Supinationsstellung zum Trajectorium, und je kleiner die horizontale Geschwindigkeit des Ganzen.

Wir kommen also zu dem Schluss, dass eine Verkleinerung von τ, wie sie etwa mit einer Ermässigung der Gewalt des Niederschlages (bei gleich bleibendem Schlagwinkel) Hand in Hand gehen könnte, namentlich dann nachtheilig ist, wenn in Folge davon Muskelkräfte nothwendig werden, um den rasch emporgeschnellten Flügel rechtzeitig anzuhalten, und dass andererseits eine Vergrösserung von τ jedenfalls dann aufhört an und für sich vortheilhaft zu sein, wenn die Drachenwirkung des Flügels während der Hebung aus irgend einem Grunde nicht weiter gesteigert werden kann. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass diese Drachenwirkung keinen absoluten Vortheil darstellt, sondern eine Umwandlung von horizontaler locomotorischer Leistung in verticale. (Darüber Näheres im Cap. 6).

Bei verhältnissmässig kleinem Flügel müssen im allgemeinen die relativen Excursionen schneller erfolgen, damit der genügende locomotorische Widerstand erzeugt werde. Da nun aber eine derartige Aenderung gerade auf die Drachenwirkung des Flügels bei der Hebung, die wesentlich von der absoluten Vorbewegung des Ganzen abhängt, nur wenig einwirkt, so ist an sich keine so grosse Nothwendigkeit vorhanden, dass auch die Hebung des Flügels rascher vollzogen wird. Dies wäre an sich wegen der kleineren Flügelfläche und geringeren Drachenwirkung trotz der geringeren Masse

---

grösseren Theilstücken von τ m mal kleiner, die resultirenden Kräfte also m^2mal kleiner). Für die Niederzieher kommt eine Erhöhung des Maximums bei sonst gleichen Verhältnissen nicht so sehr in Betracht, weil hier mit Bezug auf t Ueberfluss an Muskelquerschnitt vorhanden ist, wohl aber für die Hebemuskeln, die wesentlich nur bei τ funktioniren. Man hat aber zu berücksichtigen, dass hier das Prinzip des Arbeitssammlers benutzt sein könnte.

des Flügels nur nachtheilig. Man möchte deshalb vermuthen, dass hier die Schnelligkeit des Niederschlages womöglich nicht nur so weit gesteigert wird, dass entsprechend der Zeit t ebensoviel verticaler Luftwiderstand erzeugt wird, wie bei sonst gleichen Verhältnissen und grösserem Flügel, sondern noch mehr. Es braucht dann τ für denselben Schlagwinkel nicht so sehr kleiner zu werden; $\frac{\tau}{t}$ würde dann wachsen. Die auf S. 249 angeführten Messungen von Marey über das Verhältniss von T, t und τ scheinen zu bestätigen, dass bei relativ kleinem Flügel die Dauer der Hebung weniger verkürzt ist, als diejenige des Niederschlages. Bei sehr grossen Flügeln möchte etwas Aehnliches, nur im entgegengesetzten Sinne Geltung haben.

Immerhin findet man, dass bei kleinen Flügeln auch die Hebung des Flügels noch unvortheilhaft genug vor sich geht; gerade hier zeigt sich die Hebemuskulatur besonders stark entwickelt, während bei sehr grossflügeligen Thieren, wo die Drachenwirkung des Flügels, ausserdem aber noch die grossen Rumpfoscillationen (durch die Gelenkaxenkräfte) zur Hebung des Flügels beitragen, die Hebemuskeln auffallend klein sind.

Kleine Thiere haben im Allgemeinen stärker entwickelte Flügelhebemuskeln, als grosse Flieger; dies hängt wohl damit zusammen, dass diese Thiere überhaupt mehr Muskulatur zn Extraleistungen, zur Erzeugung einer verhältnissmässig grossen Vorwärtsgeschwindigkeit, zum stationären Flug, Steigen u. s. w. zur Disposition haben, wie im Folgenden noch bewiesen werden soll. Sie steigern vielleicht die Horizontalgeschwindigkeit, indem sie bei der Hebung die supinirten Rückflächen der Flügel gegen die Luft schlagen; bei den angeführten übrigen Flugleistungen ist unter allen Umständen ein grösserer dorsaler Widerstand unvermeidlich.

5. Abhängigkeit der Muskelarbeit von der Geschwindigkeit der Bewegung des Ganzen gegenüber dem umgebenden Medium.

Bis jetzt haben wir erfahren, dass bei derselben locomotorischen Kraft die Grösse der aufzuwendenden Muskelarbeit je nach dem Bau und der Bewegungsform des Apparates verschieden ist. Jetzt müssen wir in's Auge fassen, dass bei derselben locomotorischen Kraft auch die Verhältnisse des äusseren Mediums und in Ab-

hängigkeit hiervon die Arbeitsansprüche verschieden sein können. Ich will dabei nicht den Einfluss der Dichte des Mediums, etwa die Verschiedenheiten des Fluges in dünner oder dichterer Luft in Betracht ziehen, sondern wesentlich nur die Geschwindigkeit, mit welcher sich der ganze Apparat im Mittel gegenüber dem Medium, oder dieses an dem Apparate vorbei bewegt.

Unserer Definition gemäss ist dieselbe locomotorische Kraft erforderlich, um einen Organismus mit einer Vorderfläche f und der Geschwindigkeit v oder einen solchen, dessen Vorderfläche $\frac{f}{n}$ ist, mit der Geschwindigkeit $v.\sqrt{n}$ gegen die Luft zu bewegen. Im ersten Fall aber ist die dazu nothwendige Arbeitsleistung, bei gleichem Bau des Apparates, eine geringere, weil das umgebende Medium sich mit geringerer Geschwindigkeit an dem Apparat vorbei bewegt und deshalb kleinere Excursionen der Flächen, welche denselben locomotorischen Widerstand erzeugen müssen, nothwendig sind. Keinem anderen Umstand als diesem ist zuzuschreiben, dass mehr Muskelarbeit erforderlich ist, um einen Körper vom Gewicht P mit gleichmässiger mittlerer Geschwindigkeit aufwärts zu bewegen, als um ihn in demselben Niveau zu erhalten. Wir können daher sehr wohl die Verhältnisse der horizontalen Fortbewegung durch diejenigen der verticalen, des Steigens und das Steigen durch die Verhältnisse der horizontalen Fortbewegung erläutern. Doch will ich mich hier auf wenige Bemerkungen beschränken.

Die Richtung der locomotorischen Kraft hängt jeweilen wesentlich von der Richtung der Sagittalprofile des Flügels und den Grössenverhältnissen der senkrecht dazu wirkenden Sagittalcomponenten des Widerstandes ab. Ihre durchschnittliche Richtung ist eine Mittelrichtung zwischen den verschiedenen Einzelrichtungen der Sagittalwiderstände, welche denjenigen Extremen näher liegt, die eine stärkere und länger dauernde Einwirkung des Widerstandes repräsentiren.

Warum liegen nun die Sagittalprofile nicht jeder Zeit senkrecht zu der Richtung der resultirend nothwendigen locomotorischen Kraft, und warum werden sie nicht, soweit die relative Bewegung in Betracht kommt, in dieser Richtung bewegt? Dies ist vor Allem bedingt durch die Combination der relativen Bewegung mit einer Bewegung des Ganzen.

In Fig. 28 seien $eo = m$, $e^1o = m^1$, $e^2o = m^2$, alles verschiedene Werthe für die Geschwindigkeit des Ganzen im Ver-

hältniss zur relativen Geschwindigkeit eines Punktes des Flügels. Der Radius r des Halbkreises sei das Mass der maximalen relativen Geschwindigkeit dieses bestimmten Punktes. Ist die relative Bewegung $= op$, so ist das resultirende Trajectorium $= ep$, e^1p, e^2p, u. s. w. Ist op^1 die Richtung der relativen Bewegung, so ist ep^1 resp. e^1p^1, e^2p^2 etc. das Trajectorium. Ist kk^1 die Richtung der locomotorischen Kraft, so ist die Bewegung der Fläche eine nützliche, wenn sie mit der von k abgewendeten Seite voran ihr Trajectorium durchmisst, also z. B. in den Stellungen, welche in Fig. 28 auf den Richtungen e^2p^1, e^1p^1 und ep durch kurze schräge Linien (weniger schräg als kk^1) angedeutet sind.

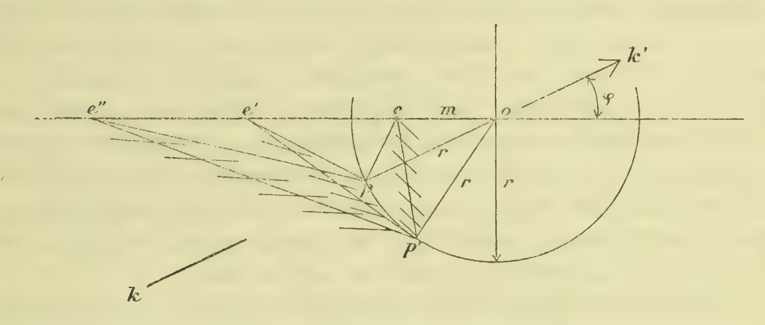


Fig. 28.

Es giebt für jeden Winkel φ und jedes Verhältniss von m zu r eine günstigste Richtung von r und von dem Sagittalprofil mit Bezug auf die Grösse der Widerstandscomponente, welche in die Richtung ok^1 entfällt. Nun ist an allen Punkten des Flügels die Richtung der relativen Bewegung im gleichen Moment jeweilen dieselbe, die Grösse verschieden; eine grössere Divergenz der Richtung des Flügelschlages mit der Richtung der Bewegung des Ganzen ermöglicht allen Punkten des Flügels, sich bei der Erzeugung des locomotorisch nützlichen Widerstandes zu betheiligen; es muss dann an den Punkten mit kleinerem r die Richtung des Sagittalprofils nothwendiger Weise mehr parallel zu m sein. Für die Stellungen der Sagittalprofile bleibt überhaupt umsomehr Spielraum, je grösser der Winkel φ ist (je näher an 90^0) und je kleiner m gegenüber r; es kann dann die Widerstandsrichtung unter Umständen sowohl nach der einen als nach der anderen Seite von k^1 erheblich abweichen. Der Niederschlag kann sich hier nach den günstigsten Verhältnissen zur Rückbewegung richten. Wo aber (bei grossem m und kleinem φ) die mögliche Richtung

des Widerstandes beim Niederschlag nur in engen Grenzen variiren kann, muss der Rückschlag sich nach dem Niederschlag richten, damit die Wirkungen beider sich ergänzen können. Man erkennt auch leicht, dass die Vergrösserung von m um so früher ihre Grenzen haben muss, je kleiner φ, wenigstens wenn eine gleichförmige Bewegung bestehen soll; diese Grenze ist ferner um so eher erreicht, je grösser bei sonst gleichen Verhältnissen die Anforderungen an die locomotorische Kraft sind; deshalb z. B. bei der aufsteigenden Bewegung des Ganzen schon bei geringerem m, als bei horizontaler Bewegung.

Von der allergrössten Wirksamkeit ist natürlich bei zunehmender Grösse von m die möglichste Vergrösserung von r; sie erlaubt eine grössere Annäherung der relativen Bewegungsrichtung an kk^1, und der Richtung der Sagittalprofile an die zu kk^1 senkrechte Sagittalrichtung. Grösseres r ermöglicht eine Steigerung der maximalen Flugleistung, erfordert aber grössere Muskelmenge, oft in viel stärkerem Verhältniss. Es handelt sich aber wirklich oft weniger um möglichst sparsame Arbeitsleistung als vielmehr darum, den Flug bei einem möglichst grossen m überhaupt zu unterhalten, koste es was es wolle.

Aus diesen allgemeinen Grundsätzen erklären sich die Verschiedenheiten in der Richtung des Flügelschlages und der Sagittalprofile bei verschiedenen Arten des Fluges. Beim fast stationären Flug ist $m = o\,k$ aufwärts gerichtet, beim Beginn des horizontalen Fluges ist m klein, fast horizontal, φ ein spitzer Winkel, die locomotorische Kraft vorwärts aufwärts gerichtet. Bei raschem horizontalem Fluge ist φ vielleicht noch kleiner, m jedenfalls bedeutend grösser und horizontal; beim Steigen ist m um so kleiner, je steiler das Aufsteigen ist, aber natürlich dabei auch um so steiler aufwärts vorwärts gerichtet (φ um so kleiner).

Steigen.

Beim Steigen (vgl. pg. 251) richtet sich die Längsaxe des Körpers in die Richtung der resultirenden Bewegung, damit der Widerstand am Rumpf möglichst klein sei. Bei steilem Aufstieg, der besonders charakteristisch ist, fällt die Richtung der resultirenden locomotorischen Kraft mehr mit der Längsaxe des Thieres zusammen, bildet aber natürlich immer noch mit der Bewegungsrichtung m oben vorn einen spitzen Winkel (φ); m ist verhältnissmässig klein, trotzdem erfolgt der Flügelschlag nicht in einer Verticalebene, auch nicht in einer Querebene zum Rumpf, son-

dern relativ zum Rumpf von oben hinten nach unten vorn; die Trajectorien der Flügelspitze aber haben beim Niederschlag einen etwas mehr horizontalen, bei der Hebung einen mehr verticalen Verlauf (s. pg. 251). Weil aber m klein ist, besteht Spielraum für die Stellung der Sagittalprofile beim Niederschlag; an sich könnten sie sehr wohl unter Umständen pronirt sein; doch ist dies mit der Aufrichtung des Rumpfes wegen der beschränkten Möglichkeit der Pronation des Flügels im Schultergelenk nicht gut verträglich; es könnte aber, wenn nur die Verhältnisse von t in Betracht kämen, auf die Schrägstellung des Rumpfes verzichtet werden. Nun aber kommt noch in Betracht, dass der Flügel bei der Hebung steil und rasch emporgehen muss; hierbei den Widerstand möglichst klein zu halten, ist Hauptsache; daher möglichste Supination des Flügels, und daher Supination des Rumpfes, daher auch ist der Flügel beim Niederschlag im Ganzen supinirt. Es richtet sich also hier wirklich die Stellung der Sagittalprofile beim Niederschlage nach den Verhältnissen bei der Hebung.

Es giebt auch bei dieser Bewegung einen Moment, in welchem die Aufwärtsbewegung des Gesammtschwerpunktes zu wachsen beginnt, und einen zweiten, in welchem sie anfängt abzunehmen, und zwei andere Momente in der Periode, wo die Geschwindigkeit = der mittleren Aufwärtsgeschwindigkeit ist; letztere entsprechen dem Hoch- und Tiefstand des Gesammtschwerpunktes beim horizontalen normalen Flug; man kann sie als relativen Hoch- und Tiefstand, die Zeiten zwischen ihnen als Zeiten der relativen Senkung und Hebung des Ganzen bezeichnen; die relative Senkung wird für gewöhnlich auch annähernd eine absolute Senkung sein. Der nützliche verticale Widerstand muss bald nach Beginn der relativen Senkung und zwar verhältnissmässig rasch in seiner ganzen Wirkung entwickelt werden. (Vergl. S. 187).

Das Kräftefeld dieses Widerstandes ist natürlich sowohl im positiven als im negativen Theil erheblich grösser als beim normalen horizontalen Flug. In der z-Richtung sind zwar die Widerstände am Rumpf gering, am Flügel aber nach beiden Richtungen sehr beträchtlich, die Schwere wirkt nicht anders als beim horizontalen Flug. Der Flügel macht grössere Excursionen in kürzerer Zeit, die resultirenden Kräfte an ihm sind sowohl in der v- als in der z-Richtung vergrössert, die inneren Kräfte wegen der ebenfalls vergrösserten Widerstände natürlich noch um etwas mehr, ganz besonders gross aber ist die Excursionsgeschwindigkeit, vor Allem aus beim Niederschlag. Die ganze Muskelarbeit muss dem-

nach eine erheblich grössere sein, als beim normalen horizontalen Flug mit mittlerer Geschwindigkeit.

Beginn des horizontalen Fluges.

Auch hier wären an und für sich beim Niederschlag verschiedene Möglichkeiten der Bewegung sowohl hinsichtlich der Richtung des Schlages als der Stellung und Stellungsänderung der Sagittalprofile denkbar; dieselben vermindern sich, wenn bei der Bewegung des Flügels niemals der Hinterrand voran gegen die Luft gehen darf. Sodann sind die Verhältnisse der Hebung von Einfluss.

Stationärer Flug. Rütteln.

Hier ist ebenfalls der dorsale Widerstand am Flügel sehr gross und stark nach vorn gerichtet; beim Niederschlage muss dementsprechend eine sehr grosse verticale Widerstandscomponente entwickelt werden. Will das Thier seine horizontale Bewegung nicht beschleunigen, so erfolgt ausserdem der Niederschlag mit supinirten Sagittalprofilen, doch mehr direkt nach unten als beim Steigen. (Ueber den stationären Flug der Insecten s. Straus-Dürckheim und Marey). Beim Rütteln sind sicher die Anforderungen an die Muskulatur auch noch in Folge der Längsrotationen vermehrt, sowohl was die Spannungen als was die Verkürzungsgeschwindigkeiten betrifft. In der Regel sind bei den Vögeln die Einrichtungen der Flügelgelenke, des Flügels selbst und der Flugmuskeln dem stationären oder annähernd stationären Fluge wenig angepasst. Aus diesen Gründen ist die Arbeitsleistung hierbei eine sehr grosse, wahrscheinlich eine grössere als beim horizontalen Fluge mit mittlerer Geschwindigkeit. Dies muss um so mehr der Fall sein, wenn die von Marey hinsichtlich des Verhaltens des Luftwiderstandes (s. pag. 213) geltend gemachte Ansicht richtig ist. Die Thiere würden sich dann beim stationären Fluge so verhalten, als ob sie mit kleineren Flügeln gegen eine ebenso gut wie beim progressiven Fluge widerstehende Luft schlagen würden.

Einfluss der Geschwindigkeit beim horizontalen Normalflug.

Die vorausgegangenen allgemeinen Erörterungen lassen uns gut verstehen, warum der Flügel für gewöhnlich wesentlich in einer zur Fortbewegungsrichtung senkrechten Ebene hin und her

schlagen muss. Die locomotorische Kraft ist vorwärts aufwärts gerichtet. Die Bedingungen zur Entwicklung eines vorwärts gerichteten Widerstandes am Fügel sind bei horizontaler Bewegung des Ganzen um so ungünstiger, je kleiner r im Vergleich zu m, oder je gestreckter die Trajectorien verlaufen, sowohl beim Niederschlag an der Unterseite, als bei der Hebung an der Oberseite des Flügels. Daher kommen wesentlich nur die äusseren Theile des Flügels als Locomotionsorgan für die z-Richtung in Betracht.

Schon allein wegen seiner basalen Lagerung kann der Windfang unmöglich für die horizontale Beschleunigung von wesentlichem Belang sein, wie PRECHTL annimmt.

Es ist zur Zeit kaum möglich, genau zu beurtheilen, wie die Muskelarbeit mit der Steigerung der Vorwärtsgeschwindigkeit wächst. Man muss natürlich unterscheiden den Uebergang von einer geringeren Geschwindigkeit zu einer grösseren und den gleichförmigen Flug bei schon erreichter grösserer Geschwindigkeit. Eine Beschleunigung wird erzielt durch Vermehrung der relativen Excursionsgeschwindigkeit nach unten; dies kann bei gleichem Schlagwinkel unter Verminderung von t oder bei gleichbleibendem t unter vergrössertem Schlagwinkel geschehen. Dabei wird der absteigende Theil der Trajectorien steiler; die Pronation kann zunehmen, doch kaum in so starkem Massstab, dass nicht auch zugleich die verticale locomotorische Wirkung vermehrt wird.

Daraus erklärt sich, dass zur Beschleunigung der Horizontalgeschwindigkeit bei Verbleib in demselben horizontalen Niveau nicht bloss die verticale Excursionsgeschwindigkeit, sondern zugleich diejenige in der z-Richtung nach hinten vermehrt wird; dadurch wird der absteigende Theil der Trajectorien noch steiler und eine noch grössere Pronation erlaubt. Damit eine solche nun wirklich zu Stande kommt, muss der Flügel etwas eingezogen, das Ellbogengelenk muss gebeugt, der Vorderrand der vorderen Flughaut und des Handgelenkes entspannt, und dieses selbst stärker gebeugt sein. Ich bin aber der Meinung, dass die Aktion der Handgelenkbeuger selbst einen Theil der locomotorischen Mehrarbeit übernimmt[1]).

---

[1]) Wenn bei dieser Bewegung das Handgelenk genügend weit hinter das Schultergelenk gelangt ist, so kann der gebeugte Ellbogen mit Nutzen für den Vorstoss wieder gestreckt werden. Dass bei derselben Aktion zuerst die Beuger, dann die Strecker derselben (des Ellbogengelenkes) wirksam sind, darf nicht wundern.

Ich habe darauf hingewiesen (Ueber die Grundbedingungen der

Steigert sich auf diese Weise die horizontale Geschwindigkeit mehr und mehr, so werden bei derselben Geschwindigkeit der relativen Bewegung die Trajectorien allmählich gestreckter, die schädlichen Widerstände am Rumpf und am Flügel vermehren sich, die nützliche Excursion der pronirten Flächen des Flügels wird geringer, die Beschleunigung nimmt ab; es stellt sich ein Gleichgewichtszustand her. Schliesslich kann trotz aller Verschwendung von Nerven- und Muskelkraft die Geschwindigkeit der Muskelverkürzung nicht weiter gesteigert werden; das Maximum der horizontalen Geschwindigkeit ist erreicht [1]).

N u t z e n l a n g e r F l ü g e l. Die langen Flügel sind vor Allem grosse Flügel, welche ja überhaupt vortheilhaft sind. Es sind grosse und schmale Flügel. Die grössere Schmalheit giebt ihnen die Möglichkeit eines grösseren horizontalen Schlagwinkels, sie sind daher zu schnellem Vorwärtsfluge besonders geeignet. Meist ist an ihnen die Schwinge besonders schmal und lang, so dass die Vortheile einer Beugung und Lockerstellung des Handgelenkes einem grösseren Theile des Flügels zu gute kommen, zugleich aber die Beugung in ausgiebigerem Masse sowohl im Handgelenk als im Ellbogen vorgenommen werden kann.

Es möchte zum Schluss am Platze sein, die Grundlagen zu

---

activen Locomotion. Halle 1880 pg. 60), dass beim Sprung des Menschen am Kniegelenk des Actionsbeines ganz Aehnliches stattfindet; so lange der Fuss vor dem Hüftgelenk steht, wäre eine Aktion der Kniegelenkstrecker nur schädlich; es wirken daher nur 1) die Muskeln hinten am Hüftgelenk auf den Oberschenkel wie auf ein Ruder, das am oberen Ende des gebeugten Unterschenkels seinen Widerstandspunkt hat; die Tibia wird dabei der Länge nach zusammengedrückt und mit dem oberen Ende an sich nach hinten gedrängt. 2) Indem aber zugleich mit den eingelenkigen Muskeln der Hüfte die hinten am Hüft- und Kniegelenk vorbeiziehenden Muskeln sich zusammenziehen, was sich durch Beobachtung nachweisen lässt, wird das Kniegelenk nach vorn durchgedrückt und stärker gebeugt, wobei der Unterschenkel als Ruder wirkt, das seinen Widerstandspunkt am unteren Ende hat. Wenn aber die nach vorn getriebene Hüfte über den Fuss hinaus nach vorn gelangt ist, kann eine Streckung des Kniees mit Vortheil für die Aufwärts- und Vorwärtsbewegung beginnen.

[1]) Kleine Vögel, um eine möglichst grosse Horizontalgeschwindigkeit zu erlangen, fliegen in Wellenlinien, gewinnen Vorwärtsbeschleunigung (ohne Flügelschlag) durch das Abwärtsgleiten auf pronirten Flächen und vermindern den z-Widerstand durch Anlegen der Flügel. Nur an den tiefsten Stellen der Trajektorien erfolgt Flügelschlag, der u. a. auch die Supination des Ganzen bewerkstelligt.

prüfen, auf welchen PRECHTL seine mathematischen Formeln über die Wirkung des Flügelschlages zur Vorbewegung aufgebaut hat.

PRECHTL nimmt zunächst den Flügel als eben an, bezeichnet den Pronationswinkel seiner Sagittalprofile mit α, sucht nachzuweisen, dass der relative Niederschlag am besten in der Normalrichtung der Flügelfläche erfolgt (pg. 170). Er setzt voraus, dass die Winkelgeschwindigkeit eine gleichmässig beschleunigte sei, und bezeichnet die Endgeschwindigkeit im Widerstandspunkt mit C und die absolute Geschwindigkeit in der Richtung der Normalen mit $C - v.sin\,\alpha$, wenn v die Horizontalgeschwindigkeit des Ganzen bedeutet. Nun aber setzt PRECHTL für die Bewegung des ganzen Flügels die Bewegung einer im Widerstandspunkt concentrirt gedachten Flügelfläche, oder mit anderen Worten, er nimmt an, der Widerstand, der thatsächlich unter den genannten Voraussetzungen erzeugt wird, sei im Ganzen genau so gross, als ob alle Theile der Flügelfläche sich wie die im Widerstandspunkt gelegene Fläche gegen die Luft bewegen würden. Um diesen Punkt zu berechnen, berücksichtigt er nur die relative Bewegung des Flügels, was natürlich total unrichtig sein muss, selbst wenn für $v = 0$ eine derartige Betrachtungsweise zulässig wäre, da zwar die verticalen Geschwindigkeiten, aber nicht die horizontalen, also auch nicht (wenn $\alpha \gtrless 0$) die zur Flügelfläche normal verlaufenden Geschwindigkeiten im Drehpunkt $= 0$ sein und proportional der Entfernung vom Drehpunkt zunehmen können. Auch der Berechnung des genauen Werthes der reducirten Flügelfläche, welche nach PRECHTL dieselbe Wirkung zur Vorwärtsbewegung haben soll, wie der wirkliche Flügel, wenn sie jederzeit parallel und gleich wie die Fläche am Widerstandspunkt bewegt wird, liegen ähnliche irrige Annahmen zu Grunde, doch will ich darauf nicht näher eintreten (S. 173, 175 u. ff.). Gesetzt nun aber, die reducirte Flügelfläche Fo und die Geschwindigkeit der Bewegung des Widerstandspunktes wäre wirklich massgebend für den in der z-Richtnng entwickelten Widerstand, so ist es doch höchst sonderbar und ungerechtfertigt, dass der zur Vorbewegung dienende Widerstand unter anderm dem Quadrate der Endgeschwindigkeit in der Normalrichtung des Flügels, also $(C - vsin\alpha)^2$ proportional gesetzt wird, was doch offenbar nur von dem maximalen, am Ende des Niederschlages entwickelten Widerstand angenommen werden kann, und dass nun im nächsten Moment dieser Wider-

stand dem an den Vordertheilen von Rumpf und Flügel entwickelten schädlichen Widerstand, der v^2 proportional ist, gleichgesetzt wird, ohne alle Berücksichtigung der verschiedenen Dauer der Einwirkung. Solches könnte doch nur verständlich sein, wenn der mittlere, vorwärts treibende Widerstand am Flügel gemeint ist den man sich gleichmässig und ohne Unterbrechung wirkend denkt. Es ist daher auch derjenige Abschnitt in Prechtl's mathematischer Theorie, welcher sich auf die Verhältnisse der Vorwärtsbewegung bezieht, gänzlich unbrauchbar.

6. Aenderung der Verhältnisse des Rumpfes. Umwandlung von locomotorischer Kraft der z-Richtung in Auftrieb. (Drachenwirkung).

Bis jetzt haben wir den Verhältnissen des Rumpfes wenig Rechnung getragen; es wurde zugestanden, dass bei jeder Aenderung in der Einwirkung der inneren Kräfte am Flügel, wie sie durch Aenderung der Schlagfrequenz, des Schlagwinkels, der Form oder Grösse des Flügels, des Verhältnisses $t:\tau$ hervorgerufen werden muss, in derselben Weise die inneren Kräfte am Rumpf betroffen sind, haben aber angenommen, dass das periodische Gleichgewicht aller Kräfte am Rumpf hierdurch nicht gestört wird.

In der That treffen die Abänderungen in allen diesen Fällen fast gleichmässig ebensowohl diejenigen inneren Kräfte, welche den Rumpf heben, als diejenigen, welche ihn nach unten treiben. Kleine Veränderungen in der Art und Höhe der Rumpfoscillationen, in dem direkten Bewegungsaustausch zwischen Flügel und Rumpf durch Gelenkaxenkräfte, in den Verhältnissen der von Rumpf- und Flügelbasis hervorgerufenen Luftwiderstände, vielleicht auch kleine Abänderungen des Verhältnisses $t:\tau$ müssen aber eine gewisse Höhe erreichen, bevor das periodische Gleichgewicht der auf- und abwärts gerichteten Kräfte und Bewegungen für den Rumpf so gut als wie für den Flügel wieder hergestellt ist.

Immerhin glaube ich nicht, dass durch diese Modificationen in der Bewegung des Rumpfes, indem sie wieder auf die Verhältnisse der Flügelbewegung namentlich seiner basalen Theile zurückwirken, die in den letzten Kapiteln gewonnenen Resultate in Frage gestellt werden.

Es genügt, wenn zum Schluss ganz im Allgemeinen die Veränderungen der Arbeitsleistung der Muskulatur besprochen werden, welche von den Aenderungen der Verhältnisse des Rumpfes und der Flügelbasis abhängen. Ich verweise in dieser Beziehung zu-

nächst auf das was auf S. 266 u. ff. über die Oscillationen des Rumpfes gesagt worden ist.

Bei gleich bleibender locomotorischer Leistung macht natürlich jede Vergrösserung der aufwärts gerichteten verticalen Widerstände am Rumpf und an der Flügelbasis eine entsprechende Verminderung derjenigen an den äusseren Theilen des Flügels möglich, und umgekehrt jede Vermehrung der abwärts gerichteten Widerstände an jenen Theilen eine Vermehrung der letzteren nothwendig. Und jedes Anwachsen der schädlichen z-Widerstände am Rumpf und der Flügelbasis bedingt eine Vergrösserung der nützlichen z-Widerstände am Flügel u. s. w. Die Ausnutzung der Rumpfoscillationen zur Entwicklung eines nützlichen z-Widerstandes, indem der Rumpf und die Flügelbasis beim absteigenden Theil ihrer Trajectorien mit pronirten Unterflächen gegen die Luft gehen, könnte unter allen Umständen beim Normalflug nur gering sein, da die Trajectorien auch im günstigsten Fall noch ziemlich flach verlaufen. Thatsächlich aber ist eine derartige Anpassung der Stellung des Rumpfes an sein Trajektorium nicht nachzuweisen; die Längsrichtung des Rumpfes dreht sich überhaupt im Ganzen nur wenig auf und ab.

Da nun aber vor Allem ein dorsaler Widerstand am Rumpf vermieden werden muss, was beim Aufsteigen des Rumpfes nur durch supinirte Stellung desselben möglich ist, so wird auch während des Absteigens im Allgemeinen eine supinatorische Neigung der Rumpfaxe vorhalten. Im Vergleich zum Absteigen mit horizontaler Rumpfaxe ist dabei der nützliche verticale Widerstand an der Unterseite vermehrt; daneben macht sich natürlich auch ein schädlicher rückwärts gerichteter z-Widerstand geltend. Doch ist dieser Modus an sich unter den obwaltenden Verhältnissen der günstigste Modus der Ausnutzung der Rumpfoscillationen für die Locomotion.

Es lässt sich zeigen, dass bei geringer supinatorischer Neigung der Rumpfunterfläche die nützliche vertical aufwärts gerichtete Componente des Luftwiderstandes grösser sein kann, als die rückwärts gerichtete. Handelt es sich hier um eine wirkliche Kraftersparniss? Da die Grösse der Bewegung des Rumpfes gegen die Luft nur zum geringeren Theile von den Oscillationen des Rumpfes, zum weitaus grösseren Theil vielmehr von der horizontalen Geschwindigkeit des Ganzen abhängt, so können wir ganz allgemein untersuchen, in wie weit es vortheilhaft ist, supinirte Flächen und horizontale Geschwindigkeit zum Ge-

winn von aufwärts gerichtetem verticalen Widerstand (Auftrieb) zu benutzen. Wir wollen eine derartige Wirkung als Drachenwirkung bezeichnen.

Irgend ein ebenes Stück *Dr* der Drachenfläche, das zur Sagittalebene senkrecht steht und von der Seite gesehen zu einer Linie verkürzt erscheint (Fig. 29), bewege sich mit der horizontalen

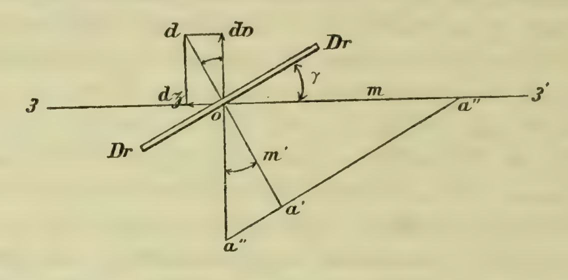


Fig. 29.

Geschwindigkeit $m = oa$ in der Richtung zz'; das entspricht einer Bewegung in der Richtung der Normalen $oa' = m' = m \sin\gamma$, wobei γ den Supinationswinkel bedeutet, und einem Widerstand in der Normalrichtung, welcher durch od oder kurz gesagt durch die Linie d dargestellt ist; seine verticale Componente $dv = d.\cos\gamma$, die horizontale Componente $dz = d \sin\gamma$. Setzen wir $d = \zeta . F (m')^2$ oder $n.(m')^2$, so ist $dv = n.m.^2 \sin^2\gamma \cos\gamma$, welcher Werth ein Maximum hat für $\gamma = 54^0 50$ und ein Minimum für $\gamma = o$ oder 90^0, $dz = n.m.^2 \sin^3\gamma$, (Minimum für $\gamma = o$, Maximum für $\gamma = 90^0$). Wir machen nun die Voraussetzung, dass dem Druck dv durch die Schwere oder andere, den Rumpf abwärts treibende, unvermeidliche schädliche Einflüsse das Gleichgewicht gehalten werde. Damit auch in horizontaler Richtung das Gleichgewicht der Kräfte erhalten bleibe, muss an dem Körper, zu welchem *Dr* gehört, wegen der z-Componente des Widerstandes auf die Drachenfläche eine Kraft $= dz$ vorwärts wirken.

Wäre *Dr* parallel zz', so würde die aufwärts gerichtete verticale locomotorische Kraft um den Betrag dv zu klein sein, es würde dafür aber für die Bewegung in der z-Richtung die locomotorische Kraft dz überflüssig.

Durch die Drachenwirkung wird also locomotorische Kraft der z-Richtung absorbirt und dafür verticale locomotorische Kraft gewonnen.

Für $\gamma < 45^0$ ist $dv > dz$, der Gewinn also scheinbar grösser als der Verlust, im Verhältniss um so grösser, je kleiner γ. Der ab-

solute Gewinn an locomotorischer Kraft $dv - dz$ ist bei gleich grossem Dr und gleicher Horizontalgeschwindigkeit m am grössten, wenn der Differentialquotient dieser Differenz $= o$ ist, oder wenn $sin^2 \gamma + 3 sin \gamma = 2 cos \gamma$, was ungefähr bei $\gamma = 30^0$ der Fall ist; es ist dann dz ungefähr $= \frac{1}{2} dv$.

Würde nun die Muskelarbeit, oder sagen wir lieber der Muskelstoffumsatz in der Zeit bei der Erzeugung einer bestimmten locomotorischen Leistung in der z-Richtung doppelt so gross sein, als bei derselben locomotorischen Leistung in verticaler Richtung, so würde die Drachenwirkung bei allen Supinationswinkeln, die kleiner als 30° sind, mit Vortheil stattfinden können. Je ungünstiger aber in der z-Richtung gegenüber der v-Richtung das Verhältniss zwischen Muskelstoffumsatz und locomotorischer Leistung ist, desto kleiner ist die noch mit Vortheil verbundene grösstmögliche Supinationsstellung der Drachenflächen.

Nun geht aus den Erörterungen des vorigen Kapitels wohl mit Sicherheit hervor, dass die z-Richtung sich jenseits gewisser Grenzen der horizontalen Geschwindigkeit des Ganzen hinsichtlich des Verhältnisses zwischen Stoffumsatz und locomotorischer Leistung sehr viel ungünstiger verhält, als die v-Richtung; daraus folgt, dass nur kleine Supinationswinkel mit Vortheil verwendbar sind, um so kleinere, je grösser die horizontale Geschwindigkeit m ist.

Je kleiner aber γ, desto kleiner ist bei sonst gleichen Verhältnissen der absolute Werth von dv. Der absolute Betrag eines mit sparsamerem Stoffumsatz durch Drachenwirkung von nur wenig supinirten Flächen gewonnenen Auftriebes kann nur durch Vergrösserung der Drachenfläche gesteigert werden (eine Vergrösserung von m würde eine weitere Verkleinerung von γ nöthig machen und eine weitere Verminderung des absoluten Werthes von dv zur Folge haben, wenn anders dv dabei immer noch mit Vortheil durch Drachenwirkung entwickelt werden soll). Die Vergrösserung der Drachenflächen sowohl des Rumpfes als der Flügelbasis hat aber ihre engen Grenzen. Sie ist über diese hinaus nicht möglich ohne Vergrösserung des Gewichtes der Theile, des schädlichen Widerstandes gegen das Vorderende des Rumpfes, nicht ohne Beschränkung der Excursionsfähigkeit des Flügels u. s. w.

Es kann sich also bei der Drachenwirkung, wenn sie an sich einen Vortheil, eine Ersparniss von Mus-

kelumsatz repräsentiren soll, nur um einen kleinen absoluten Werth des Auftriebes und um eine sehr kleine Ersparniss handeln.

Eine über eine gewisse Grenze hinausgehende Grösse des Auftriebes durch Dracheneinwirkung aber kann nur mit Verschwendung von Muskelstoffumsatz zu Wege gebracht werden.

Diese Ueberlegungen gelten nicht bloss für die Verhältnisse des Vogels, sondern für jeden Flugapparat. Das Bestreben, künstliche Apparate mit Hülfe von Flügeln etc. nur vorwärts zu treiben, die nöthige Wirkung nach oben aber, gegen die Schwere durch Drachenwirkung, d. h. also durch Umwandlung von horizontaler locomotorischer Leistung in verticale zu gewinnen, müssen aus den angeführten Gründen als verfehlt betrachtet werden. Auch der Vogel macht bei dem normalen horizontalen Fluge von diesem Princip keinen ausgiebigen Gebrauch, wo er es verwendet, hat dies immer noch seine besonderen Gründe [1]).

Eine geringe Supination des Rumpfes ermöglicht, wie schon erörtert wurde, die verticalen Oscillationen des Rumpfes unschädlich, ja locomotorisch nutzbar zu machen; am Flügel hilft sie das Spiel der Muskeln vereinfachen, die Configuration für den Niederschlag günstig verändern u. s. w. Uebrigens kann gerade an den äusseren Theilen des Flügels die absolute Grösse des durch Drachenwirkung zu gewinnenden Auftriebes verhältnissmässig gross sein, erstens wegen der Grösse der Fläche, zweitens weil die Horizontalgeschwindigkeit nach vorn hier vermehrt werden kann, ohne dass die Geschwindigkeit des Ganzen und damit die Verhältnisse für die Wirkung der Rückzieher des Flügels, welche natürlich die dabei verbrauchte Vorwärtsgeschwindigkeit des Ganzen wieder einbringen müssen, sich ungünstiger gestalteten.

7. Drachenwirkung auf beliebigen Trajectorien. Schweben, Flug in Wellenlinien, Kreisen.

Mit dem Begriff „Schweben" verbindet sich die Vorstellung einer mässig schnellen oder fast unmerklichen Bewegung, ja einer

[1]) Nach Prechtl l. c. pg. 216 müsste eine Krähe, wenn sie die ganze Unterfläche des Rumpfes des ausgebreiteten Schwanzes und des horizontal ausgestreckten Flügels als Drachenflächen verwenden könnte, bei einem Supinationswinkel von 20° eine horizontale Geschwindigkeit von 72,94 Fuss besitzen, damit ihr Gewicht durch den Luftwiderstand getragen würde.

vollständigen Regungslosigkeit eines anscheinend dichteren Körpers in einem dünneren, flüssigen Medium, in der Luft, im Wasser, entfernt vom Grunde, ohne Beziehung zu diesem; und zwar bleibt der Körper dabei in seiner Form mehr oder weniger unverändert, er zeigt keine nennenswerthe active locomotorische Thätigkeit. So schwebt die Wolke über uns, so der Vogel mit ausgebreiteten Schwingen. Wird die Bewegung rascher, so suchen wir gewöhnlich lieber nach einem neuen Ausdruck für die Erscheinung.

Wir erlauben uns nun im Folgenden, zur Vereinfachung der Darstellung jede Bewegung des Vogels gegenüber dem umgebenden Medium, bei welcher er seine Form nicht wesentlich, nicht durch deutlichen Flügelschlag ändert, ganz abgesehen von der Richtung und Geschwindigkeit kurzweg als Schweben im weiteren Sinne des Wortes zu bezeichnen, also auch das reissend schnelle Dahinschiessen mit angelegten Flügeln darunter zu begreifen.

Wir betrachten zunächst derartige Bewegungen da, wo sie Theilerscheinung einer beliebig lang fortzusetzenden Flugweise bilden und zwar zunächst für die Voraussetzung, dass die umgebende Atmosphäre gleichmässig ruhend oder bewegt ist.

a. Schweben in ruhender oder gleichmässig bewegter Luft.

Wenn ein Körper unter dem Einfluss der Schwere und einer zweiten Kraft, die stets in einer und derselben Verticalebene wirkt, sich bewegt und in Folge davon eine beliebige Curve in dieser Verticalebene beschreibt, so ist der Zuwachs an lebendiger Kraft, welchen der Körper bei dem Durchlaufen einer bestimmten Höhenzone seines Trajectoriums erfährt, genau so gross, wie wenn er diese Höhe in verticaler Richtung durchmessen hätte, vorausgesetzt, dass die zweite Kraft jederzeit genau senkrecht zu der Richtung des Trajectoriums wirkt. In der That hängt dann die Beschleunigung in der Richtung des Trajectoriums einzig von der Componente der Schwere ab, die in die jeweilige Richtung des Trajectoriums entfällt. Divergirt letzteres um den Winkel φ von der verticalen (Fig. 30), so ist sie $= g \cos \varphi$. Die andere Componente g

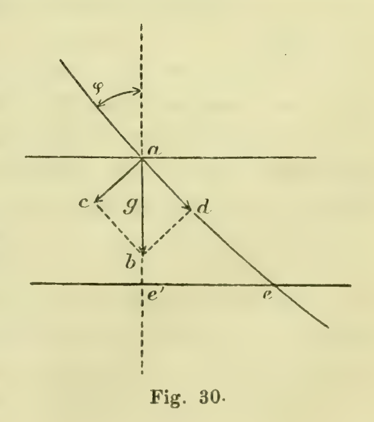


Fig. 30.

$sin\ \varphi$ muss durch die 2. Kraft annullirt sein; ausserdem besorgt diese zweite Kraft die Abänderung der Richtung der Bewegung. Je nachdem die zweite Kraft grösser oder kleiner als $g\ cos\ \varphi$ ist, geschieht die Ablenkung nach der einen oder anderen Seite. Es ist nun zwar die beschleunigende Kraft $g\ cos\ \varphi$, in deren Richtung die Bewegung stattfindet, $\frac{1}{cos\ \varphi}$ mal kleiner, dafür aber die Strecke *ae*, über welche der Körper sich in ihrer Richtung bewegt, ebensoviel mal grösser, als wenn der Körper in der Richtung und unter dem Einfluss der beschleunigenden verticalen Kraft g die Strecke $ae\ cos\ \varphi = ae'$ gefallen wäre; demnach der Zuwachs an lebendiger Kraft derselbe. Mag also der Körper auf irgend einer Weise vom höchsten zum tiefsten Punkt seiner Bahn gelangt sein, so ist der Zuwachs an lebendiger Kraft der Trajectorialbewegung gleich dem Zuwachs an vertical abwärts gerichteter lebendiger Kraft, den er erfahren hätte, wenn er durch dieselbe Höhe frei gefallen wäre. Steigt der Körper in irgend einem Trajectorium um die Strecke h empor, so ist umgekehrt der Verlust an lebendiger Kraft der Trajektorialbewegung $= Ph$, wenn P das Gewicht bedeutet, d. h. gleich dem Verlust, welchen der Körper bei verticalem Aufsteigen durch dieselbe Höhenzone unter dem alleinigen Einfluss der Schwere erleiden würde.

Der Körper vermag also ohne Einbusse an Geschwindigkeit der Trajectorialbewegung die frühere maximale Höhe wiederzugewinnen; sobald aber die zweite Kraft nicht jeweilen genau senkrecht zu der Richtung des Trajectoriums wirkt, sondern eine Componente parallel dieser Richtung, eine Trajectorial-Componente hat, ändern sich die Verhältnisse; es wird dann die lebendige Kraft nicht mehr genau wie $P.h$ von Moment zu Moment verändert.

Beim Schweben stellt der Widerstand der Luft die zweite Kraft dar, welche neben der Schwere die Bewegung des Körpers in der Sagittalebene beeinflusst. In Folge dieser beiden Einwirkungen vermag sich wirklich der Vogel als fast starrer Körper sowohl vom Ruhezustand aus, als auch von einer bestimmten Anfangsgeschwindigkeit an in verschieden gekrümmten Trajectorien zu bewegen.

Uns interessiren besonders die in Fig. 31 *A* und *B* dargestellten Möglichkeiten periodischer Curven. Es ist schon oft von verschiedenen Autoren auseinandergesetzt worden, wie der Vogel mit ausgebreiteten Flügeln, bei pronirter Stellung sämmtlicher

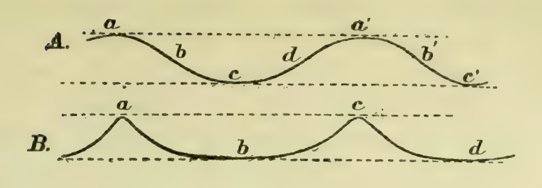


Fig. 31.

Unterflächen seines Körpers, auf der Luft wie auf einer schiefen Ebene vorwärts abwärts gleiten kann. Indem er nun die Stellung seiner Flügel, des Schwanzes und Kopfes ändert, wird er allmählich durch den Luftwiderstand in supinatorischem Sinne gedreht, zugleich ändert sich die Richtung seiner Bewegung, wird mehr und mehr horizontal, und schliesslich steigt das Thier wieder empor und vermag dank der durch das Sinken erworbenen Vorwärtsgeschwindigkeit „annähernd" die Höhe, von der es ausging, und die Horizontalgeschwindigkeit, welche es in derselben hatte, wiederzugewinnen. Dabei ist eine gewisse Zeit T verstrichen, während welcher der Schwere im Durchschnitt das Gleichgewicht gehalten worden ist, und zugleich ist eine bestimmte Wegstrecke in der z-Richtung zurückgelegt; das Alles, ohne dass ein Flügelschlag geschehen ist, und ohne dass die Flugmuskeln eine nennenswerthe Arbeit geleistet haben. Thatsächlich werde allerdings die ursprüngliche Höhe oder Horizontalgeschwindigkeit oder Beides nicht vollkommen wiedererlangt, aber wenige Flügelschläge sollen genügen, um das Verlorene wieder einzubringen. Man ist allgemein geneigt, diese Flugweise als eine ausserordentlich vortheilhafte zu betrachten. Wir wollen die Angelegenheit näher prüfen.

1) Auch wenn die längsten Durchmesser des Vogelkörpers möglichst dem Trajectorium angeschmiegt sind, so dass also das Vordertheil des Rumpfes und die Kante des Flügels genau vorangehen, so wird doch immer noch an diesen Theilen ein Widerstand erzeugt, welcher der Trajectorialbewegung entgegenwirkt; wir wollen ihn als schädlichen Trajectorialwiderstand an der Vorderseite bezeichnen.

2) Es können nun aber die Längsaxe des Rumpfes und die Sagittalprofile der Flügel unmöglich jeweilen mit ihren Trajektorien zusammenfallen, weil ja in diesem Falle ein Ablenkungswiderstand gar nicht erzeugt werden könnte. Soll der Vogel nach dem Sinken wieder aufsteigen, überhaupt eine Curve mit aufwärts ge-

richteter Concavität beschreiben, so muss jedenfalls der Widerstand dem ablenkenden Einfluss der Schwere $g \sin \varphi$ das Gleichgewicht halten und ausserdem noch eine weitere Wirkung nach oben, senkrecht zur Richtung des Trajectoriums haben; aber auch wenn der Vogel in aufwärts convexer Bahn sich bewegt, ist es wahrscheinlich, dass die Widerstände immer noch der ablenkenden Componente der Schwere entgegenwirken, dieselbe aber nicht aufzuheben vermögen. Wir wollen wirklich annehmen, dass der Ablenkungswiderstand jederzeit von unten nach oben senkrecht zum Trajectorium wirkt; um diesen nützlichen ablenkenden Widerstand zu entwickeln, muss die Unterseite des Thieres jederzeit gegen die Luft bewegt werden, also gegenüber dem Trajectorium supinirt sein. Es handelt sich also um eine Drachenwirkung (s. Cap. 6). Die Ablenkungscomponente des Widerstandes entspricht dem Auftrieb, der ja auch senkrecht zum Trajectorium wirkt; ihre Richtung fällt allerdings nicht immer mit der verticalen zusammen. Auch hier hat der Widerstand gegen die Drachenfläche neben der nützlichen ablenkenden eine schädliche Componente; dieselbe ist allerdings nicht stets parallel der z-Richtung, aber, was für die Drachenwirkung wesentlich ist, parallel der jeweiligen Trajectorialrichtung gerichtet. Wir können uns demnach etwa das nebenstehende Schema von der Bewegung entwerfen (Fig. 32). Durch *a b c d a'* ist dargestellt: das Trajec-

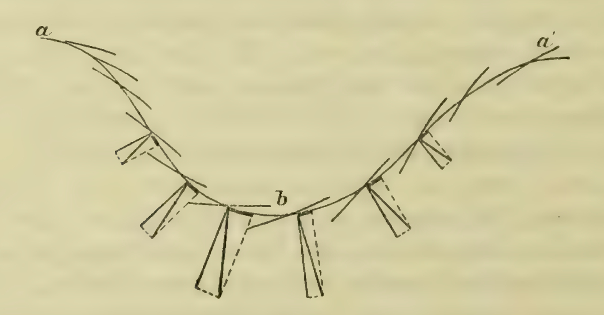


Fig. 32.

torium; durch die im spitzen Winkel anliegenden kurzen Linien: die jeweiligen Stellungen der Sagittalprofile; durch die dazu senkrechten Linien: die Widerstände an der Drachenfläche; es ist ihre Zerlegung in die ablenkende und Trajectorialcomponente überall ausgeführt. Soll das Thier wirklich die alte Höhe und

Horizontalgeschwindigkeit (des Punktes a in Fig. 31 A und B) wiedererlangen, so muss der Verlust an lebendiger Kraft (oder Energie der Lage), welcher durch den Trajectorialwiderstand gegen die Vorderflächen und durch die Trajectorialcomponente des Widerstandes gegen die Drachenflächen herbeigeführt würde, wieder ersetzt werden.

Die letztgenannte Componente ist im Verhältniss zur nützlichen ablenkenden um so kleiner, je kleiner der Supinationswinkel γ; mit diesem vermindert sich aber auch zugleich der absolute Werth der letzteren. Wohl aber erlaubt eine besondere Grösse der Drachflächen unter sonst gleichen Verhältnissen einen grösseren absoluten Werth der Ablenkung.

Je rascher die Richtungsänderung erfolgt, desto grösser müssen bei sonst gleichen Verhältnissen die ablenkenden Kräfte sein; desto grösser der Supinationswinkel γ, desto grösser der Verlust an Energie. Daher werden im Allgemeinen zu plötzliche Biegungen vermieden. Das Sinken und Wiederaufsteigen ohne Flügelschlag, die „Ressource" der französischen Autoren geschieht nicht entfernt so, dass die Flugbahn in der tiefsten Stelle einen scharfen Winkel beschreibt, und ist durchaus nicht etwa mit dem Aufprallen eines Gegenstandes an ein elastisches Polster und mit dem Wiederabgetriebenwerden von demselben zu vergleichen, wie Manche zu thun geneigt sind. Solche scharfe Wendepunkte können nur an oberen Gipfelpunkten der Trajectorien ohne grössere Anstrengung, mitten in rascher Bewegung aber nur von besonders kühnen Fliegern ausgeführt werden, von kleineren im Allgemeinen besser als von grössern. Eine Steigerung der Grösse des Supinationswinkels über 54^0 bewirkt überhaupt nicht mehr eine Vergrösserung, sondern eine Verkleinerung der Ablenkungscomponente. Steht die Fläche senkrecht zum Trajectorium, so ist die Ablenkung $= 0$.

Wir wollen später untersuchen, in welcher Weise der Verlust wieder eingebracht werden kann. Zunächst werde vorausgesetzt, dass es geschieht; ist der frühere Zustand wiederhergestellt, so kann eine zweite Aktion derselben Art beginnen; es handelt sich dann um eine periodische Thätigkeit. Der Moment des höchsten Standes repräsentire den Beginn der Periode, dann nimmt zunächst die verticale Bewegung nach unten zu, erreicht ein Maximum, nimmt wieder ab, bis 0, wird negativ, und es erfolgt Aufsteigen, das bis zu einem Maximum beschleunigt wird, worauf wieder Verlangsamung bis 0 eintritt. Die horizontale Geschwindig-

keit nach vorn dagegen wächst bis gegen die Mitte der Periode, um ein Maximum zu erreichen und dann wieder bis zu einem Minimum abzunehmen. Man wird deswegen schliessen müssen, dass die verticalen Widerstände von 0 oder doch einem geringen Werthe an allmählich zunehmen, das Maximum ihrer Wirkung nach oben ungefähr in der Mitte der Periode haben und allmählich wieder abnehmen (vgl. Einleitung); ihr Kräftefeld muss demjenigen der Schwere gleich sein.

Was nun zunächst die Trajectorialwiderstände gegen die Vorderflächen von Rumpf und Flügel betrifft, so sind ihre verticalen Componenten im Ganzen $= o$; es müssen also schon allein die Widerstände senkrecht zur Drachenfläche, welche am Körper ventrodorsalwärts wirken, der Schwere das Gleichgewicht halten, und da sie meist schräg zur Verticalrichtung wirken, so muss das Kräftefeld ihrer ventro-dorsal gerichteten Einwirkung auf den Vogel erheblich grösser als GT sein, um so viel grösser, je grösser γ und je grösser bei sonst gleichen Verhältnissen die Richtungsänderung der Trajectoriums ist.[1])

Wir wenden uns jetzt zur Beurtheilung der Anforderungen, welche bei einer derartigen periodischen Bewegung an die Muskeln gestellt werden, und zu dem Verhältniss zwischen diesen Anforderungen und der locomotorischen Leistung.

Periodische Anstrengung zum Wiedergewinn der verlorenen Energie.

Thiere, welche beim Schweben in sagittalen Curven ihre Flügel ausgestreckt halten, ersetzen die verloreue Energie gegen Ende der Periode, wenn Aufwärtsbewegung und Horizontalgeschwindigkeit wieder verlangsamt sind, indem sie durch Flügelschläge mehr oder weniger steil aufsteigen. Die Mauerschwalbe steigt oft fast senkrecht in die Höhe, Möven und Kibitze machen ähnliche kühne Evolutionen, Krähen und Dohlen heben sich ebenfalls ziemlich steil; der Storch verbraucht schon beim Abwärtsgleiten in wenig gesenkter gerader Linie einen grossen Theil der erworbenen Hori-

---

[1]) Da übrigens während des Absteigens die sämmtlichen Trajectorialwiderstände eine aufwärts gerichtete, während des Aufsteigens aber eine abwärts gerichtete verticale Componente haben, so kann beim Absteigen der Ablenkungswiderstand zunächst etwas kleiner sein, oder das Trajectorium steiler, oder der Winkel γ kleiner als in den entsprechenden Höhenlagen beim Aufsteigen.

zontalgeschwindigkeit und hebt sich langsam wieder durch Flügelschläge fast vom tiefsten Punkt seines Trajectoriums an. Der Sperber schlägt 2, 3, 4 mal mit den Flügeln, hebt sich dadurch und gleitet nun eine Strecke weit vorwärts abwärts, um bald von Neuem mit den Flügeln zu schlagen. In allen Fällen ist das Wideraufsteigen durch Flügelschlag und die oft damit verbundene Beschleunigung der Horizontalgeschwindigkeit mit viel mehr Muskelarbeit (Beanspruchung der Muskeln auf Spannung und Excursionsgeschwindigkeit) bewerkstelligt, als der einfache horizontale Normalflug mit gleichmässiger mittlerer Geschwindigkeit in derselben Zeit. Dies macht also einen Theil der Ersparniss an Stoffumsatz, welche zuvor, während des Schwebens allenfalls verwirklicht worden ist, wieder zu nichte.

Im vorigen Kapitel wurde nachgewiesen, dass bei der Drachenwirkung dem Gewinn an locomotorischer Kraft nach oben (Auftrieb) ein Verlust an locomotorischer Kraft für die Trajectorialbewegung entspricht, der zwar erheblich geringer sein kann; da aber dieser Verlust durch grössere locomotorische Anstrengung des Thieres zur Beschleunigung der Trajectorialbewegung immer wieder ersetzt wird, und bei Anstrengungen dieser Art möglicherweise das Verhältniss zwischen Muskelarbeit und locomotorischer Leistung ein sehr viel ungünstigeres ist als bei der direkten Erzeugung von Auftrieb durch Flügelschlag, so kann möglicherweise der Nutzen der Drachenwirkung $= o$ sein, ja sich in einen Nachtheil verwandeln. Wir kamen zu dem Schlusse, dass wirklich beim horizontalen Normalflug eine Drachenwirkung von erheblichem Belang nicht mit Vortheil stattfinden könne. Hier nun, bei der Drachenwirkung auf gekrümmtem Trajectorium, müssen ganz ähnliche Gesichtspunkte geltend gemacht werden. Die ganze locomotorische Leistung gegenüber der Schwere während einer bestimmten Zeit muss durch den Auftrieb geschehen; dem entspricht ein Verlust an locomotorischer Leistung in der z-Richtung, der zwar nicht so gross zu sein braucht, als der Gewinn; doch ist das Verhältniss bei sonst gleichen Verhältnissen nicht so günstig als beim horizontalen Fluge, um so weniger, je stärker gekrümmt die Bahn ist und je grösser γ. Andererseits geschieht die Wiederersetzung des Verlustes an Geschwindigkeit und Weg, der durch die Vernichtung eines Theiles der locomotorischen Kraft in der Trajectorialrichtung entstanden ist, unter günstigeren Verhältnissen, als es beim horizontalen Normalflug möglich ist. Die horizontale Geschwindigkeit des Ganzen unter-

liegt sehr starker periodischer Zu- und Abnahme; es wird die Zeit des Geschwindigkeitminimums gewählt, um die nöthige Vorwärtsbeschleunigung zu erzielen. Oder statt einer gesteigerten Aktion am höchsten horizontalen Theil des Trajectoriums, welche zur Beschleunigung der horizontalen Geschwindigkeit dient, werden stärkere Anstrengungen zum Aufsteigen gemacht und zwar zur Zeit des Minimums der verticalen Geschwindigkeit; in beiden Fällen arbeiten die Muskeln vortheilhafter, als zur Beschleunigung der horizontalen Bewegung bei einem erheblich raschen horizontalen Fluge.

Diese Art der Betrachtung scheint mir geeignet zu zeigen, dass beim Schweben in gekrümmter sagittaler Bahn so gut wie bei jeder anderen Drachenwirkung nur eine Uebertragung der locomotorischen Kraftwirkung aus der einen Richtung in die andere und zwar an sich mit einigem Verlust stattfindet. Ein Vogel, der beim Flug in regelmässigen Perioden theils schwebend, theils durch Flügelschlag auf- und wieder absteigt, dabei in derselben Höhe bleibt und dieselbe mittlere horizontale Geschwindigkeit behält, muss vielleicht die Hälfte der locomotorischen Kraft, welche er in der Richtung senkrecht zu seinem Trajectorium erspart, in der Richtung des Trajectoriums mehr entwickeln, um das periodische Gleichgewicht der Bewegung zu unterhalten; das Verhältniss zwischen Muskelarbeit und locomotorischem Nutzeffekt kann sich hier nicht zu sehr verschieden verhalten von dem Fall, wo der Vogel sich in derselben mittleren Richtung, mit derselben mittleren Geschwindigkeit, aber durch lauter einzelne Flügelschläge bewegt. Dabei darf nicht vergessen werden, dass er sich nicht auf der kürzesten Linie, sondern auf Umwegen fortbewegt. Der schädliche Trajectorialwiderstand an der Vorderseite ist also an sich grösser als beim horizontalen Normalflug mit gleicher Horizontalgeschwindigkeit.

Beurtheilung der nothwendigen Muskelspannung zur Fixation des Schultergelenkes.

Ausserdem muss in Betracht gezogen werden, dass in den meisten Fällen nicht der Rumpf allein als Drachenfläche wirkt, sondern auch der Flügel, und zwar so, dass der Widerstand am Flügel viel grösser ist als der Widerstand an den Drachenflächen des Rumpfes. Es müssen in diesem Falle innere Gelenkdrehkräfte wirksam sein, um den Flügel in seiner Lage zum Rumpf zu er-

halten. Je weniger diese Fixation durch passive Sperrvorrichtungen zu Stande gebracht wird, sondern durch Muskelspannung, desto mehr muss die hieraus entspringende Beanspruchung der Muskulatur noch besonders in Rechnung gebracht werden.

Für den Fall, dass der Flügel horizontal ausgestreckt als Drachenfläche so gut wie die Rumpfunterfläche benutzt wird, und nur Muskeln als innere Gelenkdrehkräfte in Betracht kommen, verhält sich die Anforderung an die Muskelspannung folgendermassen:

Wir zerlegen den Widerstand an der Unterfläche des Flügels W_f und zwar seine verticale Componente W_{vf}, desgleichen das Flügelgewicht F, endlich die verticalen inneren Gelenkdrehkräfte nach o und ε in der bekannten Weise; C und D sind hier wegen der fehlenden inneren Bewegung $= o$, dann ist die resultirende verticale Kraft am Flügelschwerpunkt $= F_\varepsilon + J_{\varepsilon v} - W_{f\varepsilon v}$, wobei die Buchstabengrössen die absoluten Werthe bedeuten. Diese Grösse ist absolut $= {}^1/m\,.\,(W_{fov} + W_r + J_{\varepsilon v} - R - F_o)$ wobei $m = \frac{R}{F}$.

Ferner ist $W_{fv} - F = R - W_{ro}$ gleich dem Antheil des Flügelwiderstandes, welcher für den Flügel überflüssig ist und theils durch o, theils durch Vermittlung von $J_{\varepsilon v}$ dem Rumpf zu Gute kommt. Für $W = P$ ist $J_{\varepsilon v} = F_\varepsilon - W_{f\varepsilon}$; für $W_0 = xP$ wächst jede Componente von W_v um das $x$fache.

Es ist dann also $J_{\varepsilon v} = x W_{f\varepsilon v} - F_\varepsilon$.

Es ist nun zu berücksichtigen, dass beim Fehlen jeder relativen Bewegung der Antheil W_{fo} verhältnissmässig gross, $W_{f\varepsilon}$ verhältnissmässig klein ist. Setzen wir beispielshalber $F = \frac{3}{2} F_\varepsilon = \frac{1}{5} P$ und $W_{f\varepsilon v} = \frac{3}{4} W_{fv} = \frac{3}{4} . \frac{4}{5} W_v$, wobei der Flügel verhältnissmässig eher noch zu klein angenommen ist, so ist

$$J_{\varepsilon v} = - \tfrac{2}{15} P + x . \tfrac{3}{5} W_v;$$

da $x W_v$ im Mittel $= P$, so wäre dann

$$J_{\varepsilon v} \text{ im Mittel } = \tfrac{7}{15} P \text{ oder ungefähr } \tfrac{1}{2} P.$$

Erheblich grösser aber sind im Mittel die Anforderungen an die Gesammtspannung der Muskulatur in der dorso ventralen Richtung; der Unterschied ist um so grösser, je mehr diese Richtung von der verticalen abweicht, je steiler und tiefer also bei sonst gleichen Verhältnissen das Thier fällt und je steiler und höher es wieder aufsteigt; zugleich erhöht sich dabei das Maximum der Spannung mehr als ihr Mittelwerth. Ist dies in hohem Grade der Fall, so sind die Muskeln auf Spannung

sowohl hinsichtlich des Mittelwerthes, als mit Bezug auf das Maximum sicher nicht weniger beansprucht, als beim horizontalen Normalflug. Zugleich ist auch die Festigkeit des Stützapparates, namentlich auch der Gelenkbänder in hohem Masse in Anspruch genommen. Beim Normalflug fällt allerdings die nöthige Spannung zur Hemmung der Abwärtsbewegung und zur Einleitung der Hebung als Mehranstrengung ins Gewicht; dafür geht der Flügel weniger als Drache gegen die Luft und sind nicht so viel Spannungen vorne am Gelenk nöthig, oder wo sie vorhanden sind und den Flügel supinirt vorführen, sind die Hebespannungen dafür geringer.

Bei allmählicherer Abänderung der Richtung des Trajectoriums dagegen, wenn steilere Steigung und Senkung vermieden wird, und bei kleinem Supinationswinkel ist allem Anschein nach die Beanspruchung der Muskeln auf Spannung geringer und gleichmässiger als beim horizontalen Normalflug.

Ganz besonders können die Flügelheber entlastet sein; sie können längere Zeit vollständig ruhen und sich erholen, so dass sie wohl die Anstrengung, welche ihnen von Zeit zu Zeit auferlegt wird, mit verhältnissmässig geringem Querschnitt leisten können.

Die Excursion der Muskeln bei dieser Fixation ist = 0, desgleichen also die äussere Arbeit, die sie verrichten. Wären die Muskeln, welche diese Spannung leisten, diesem Verhältniss angepasst, so könnten sie theoretisch genommen die Länge, die Masse, den Stoffumsatz gleich = 0 haben. Statt der Muskulatur könnte ein Band, eine Sperrvorrichtung des Skeletes dasselbe leisten.

Es ist mir gar nicht unwahrscheinlich, dass gerade beim Schweben die Gelenkbänder einen Theil der Fixation und zwar als Gelenkdrehkräfte übernehmen; doch hat bis jetzt Niemand daran gedacht, nach solchen Einrichtungen zu suchen. Vielleicht werde ich Gelegenheit finden, diese Lücke unserer Kenntniss seiner Zeit auszufüllen. Ganz überflüssig wird die Spannung der Muskeln auf keinen Fall; ja in der Regel übernehmen sie weitaus den grössten Theil der Aufgabe. Es sind das nun dieselben Muskeln, welche zu anderen Zeiten dem normalen Flug, dem Aufsteigen etc. dienen, also hinsichtlich ihrer Excursionsgeschwindigkeit mindestens den Anforderungen des normalen Fluges genügen müssen; alternirend mit nicht zu langen Perioden des Schwebens werden sie sogar in dieser Hinsicht in stärkerer Weise in Anspruch genommen. Eine Anpassung ihrer Länge an das Schweben allein ist demnach

undenkbar. Vielleicht können die Muskeln bei unverändertem Querschnitt um ein Geringes kürzer sein, wenn das Schweben wirklich die häufigere Bewegung darstellt; der gewöhnliche normale Horizontalflug ist dann bereits eine Extraleistung; die Fähigkeit zu besonderen Extraleistungen des Steigens u. s. w. müsste dann natürlich entsprechend eingeschränkt sein. Man sieht, dass eine derartige Verkürzung nicht ohne anderweitigen Schaden stattfinden kann. Die Muskelmenge kann daher kaum erheblich eingeschränkt sein, auch wenn das Thier häufig in ruhiger oder gleichmässig bewegter Luft schwebt. Sind aber vielleicht im Muskel selbst Einrichtungen getroffen, welche gestatten, dass er dieselbe Spannung bei geringer oder fehlender Verkürzung in derselben Zeit mit geringerem Stoffumsatz leistet, als bei ausgiebiger Verkürzung? Solche Einrichtungen würden gewiss sehr nützlich sein.

Es ist z. B. zu erwägen, ob nicht vielleicht derselbe Muskel zwei Substanzen von verschiedener Qualität enthält, einmal eine, welche zu rascher Längenänderung geeignet ist, in der sich wohl auch der Stoffwechsel bei derselben Spannung rascher abspielt, daneben aber eine zweite, welche, einmal gereizt, lange in demselben Zustande verharrt, ungereizt aber der Verkürzung des Muskels k ein zu grosses Hinderniss entgegensetzt. Zugleich dürfte die Masse des Ganzen durch diese zweite Substanz nicht zu sehr vermehrt sein. Beides wäre vielleicht am besten möglich, wenn diese zweite Substanz gleichsam das Stützgerüst für die erstere bildete, eine Art Netzwerk, ähnlich wie die elastischen Substanzen gegenüber den fibrösen, mit welchen sie liirt sind, sich verhalten. (S. die Untersuchungen von Danilewsky und unsere Bemerkungen auf S. 342 u. ff.).

Es ist die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, dass für die Fixation des Flügels gegenüber dem Rumpf besondere, mit geringem Stoffumsatz Spannung entwickelnde contractile Substanzen thätig sind. Die dem Flug mit Flügelschlägen dienende Muskelmasse könnte, weil seltener gebraucht, einen verhältnissmässig geringeren Querschnitt haben; die zur Fixation verwendete würde auf active Längenänderung wenig beansprucht sein. Doch würde die Feststellung des Schultergelenkes beim Schweben natürlich immer noch Muskelstoffumsatz erfordern, die hierbei in Frage kommenden Muskelbestandtheile würden eine ganz erhebliche Masse darstellen müssen. Kleine Flieger, auch noch Drosseln und Spechte vermeiden diese zur activen Fixation nothwendige Stoff-

ausgabe, indem sie den grössten Theil der wellenförmigen Trajectorien und zwar gerade die aufwärts convexen Abschnitte mit eng an den Leib geschmiegten Flügeln durchmessen; an den tiefsten Stellen aber schlagen sie rasch mit den Flügeln, offenbar um ihre Abwärtsbewegung zu hemmen, sich aufzurichten und wieder emporzutreiben. Dies stellt die gewöhnlichste Art ihres Fluges dar.

Ich wende mich nun zu der Frage, wie überhaupt, je nach der Grösse und dem Gewicht des Apparates, die Verhältnisse der Arbeitsleistung und Stoffausgabe im Schweben sich ändern.

Man kann sich vorstellen, dass zwei Vögel vollständig geometrisch ähnlich gebaut sind; die entsprechenden Abstände correspondirender Punkte sind dann bei dem einen im Vergleich zum andern ein bestimmtes λ faches, correspondirende Flächen ein λ^2 faches, correspondirende Volumina und Massen, ebenso das Gewicht P ein λ^3 faches. Die entspechenden Massen und Volumina beider verhalten sich also wie die Gewichte P, entsprechende Flächen wie $P^{2/3}$, entsprechende Längen wie $P^{1/3}$.

Bei genau derselben Stellung des ganzen Thieres und seiner Theile zum Trajectorium müssen die Geschwindigkeiten sich wie $P^{1/6}$ verhalten, damit die entsprechend zum Thier gerichteten Widerstände sich wie P verhalten; ist die Neigung des Trajectoriums zur Verticalen dieselbe (Winkel φ), so verhält sich auch $P \cos \varphi$ und $P \sin \varphi$ wie P. Die resultirende Ablenkung, welche von der Masse M, von $P \sin \varphi$ und der ablenkenden Componente des Widerstandes abhängt, ist dann in dem folgenden kleinen Zeitabschnitt gleich gross, ebenso die Aenderung der Trajectorialgeschwindigkeit, die Trajectorialgeschwindigkeit aber verhält, sich wie $P^{1/6}$. Es muss demnach ein Zeitraum, der sich wie $P^{1/6}$ verhält, vergehen, damit die Richtungsänderung des Trajectoriums dieselbe ist; der dabei zurückgelegte Weg verhält sich wie $P^{1/3}$. Am Ende der Phase, die sich wie $P^{1/6}$ verhält, ist die Geschwindigkeitsänderung in jeder Richtung ebenfalls $P^{1/6}$ proportional, demnach ist es auch die Geschwindigkeit selbst nach Grösse und Richtung. Auch in der folgenden Phase kann daher der Widerstand proportional P sein u. s. w. So können sämmtliche folgende correspondirende Phasen sich hinsichtlich ihrer Dauer verhalten wie $P^{1/6}$, die dabei zurückgelegten Wege wie $P^{1/3}$, die Aenderungen der Geschwindigkeit können nach Grösse und Richtung dieselben sein. Die beschriebenen Curven sind sich in der Form ähnlich, die periodischen Excursionen verhalten sich in verticaler und horizontaler Richtung wie $P^{1/3}$, die Zeiten, in denen sie zurückgelegt werden, wie $P^{1/6}$. Das Verhältniss

der Maxima und Minima des Widerstandes zu P ist bei beiden Thieren dasselbe. Die Ansprüche an die Spannung der das Gelenk fixirenden Muskeln verhalten sich wie P; dasselbe gilt bei den Aktionen, welche allenfalls angewendet werden, um den Verlust an Energie (der sich wie $P^{7/6}$ verhält) zu ersetzen, doch müssen sich dabei auch die Excursionsgeschwindigkeiten wie $P^{1/6}$ verhalten.

Es müsste demnach mit der Grösse des Thieres die Muskulatur in ganz ähnlicher Weise wachsen, wie für die Verhältnisse des normalen Fluges, wovon im nächsten Kapitel die Rede sein soll, damit bei grösseren Thieren ein Schweben in ähnlicher Curve (resp. eine ähnliche, continuirliche, aus Schweben und Flügelschlägen zusammengesetzte periodische Bewegung) möglich wird, wobei der Einwirkung der Schwere in gleicher Weise das Gleichgewicht gehalten wird, und die mittlere Geschwindigkeit der horizontalen Bewegung wie $P^{1/6}$ wächst. Es soll im folgenden Kapitel genauer erörtert werden, dass die Muskulatur in solcher Weise nicht wachsen kann.

Es folgt daraus, dass *grössere Thiere darauf angewiesen sind, beim Schweben mit ihren Kräften mehr Haus zu halten.* Sie vermeiden plötzliche Wendungen bei grosser Geschwindigkeit; die Curven, welche sie beschreiben, sind deshalb flacher, die Unterschiede der Geschwindigkeit nicht so gross; auch wenn sie absteigen, um zunächst in dem tieferen Niveau zu verbleiben, geschieht dies in mehr horizontaler Linie und mit mehr gleichmässiger Geschwindigkeit; sie wären wohl im Stande, schneller als kleine Vögel, wegen der verhältnissmässig kleineren Oberfläche, durch dieselbe Höhe abzusteigen, wenn sie ihren Körper ebenso sehr wie diese proniren; aber um aus der schnellen Abwärtsbewegung rasch in die horizontale umzubiegen, oder um die Gewalt des Schusses rasch zu brechen, oder um plötzlich wieder aufzusteigen, dazu fehlen ihnen die nothwendigen Muskelkräfte. Auch das Verhältniss der passiven Theile nöthigt, zu grosse Maxima des Widerstandes zu vermeiden.

Zusammenfassung.

In allen Fällen des Schwebens, in welcher Combination es auch vorkommen mag, handelt es sich um eine Drachenwirkung. Wir haben namentlich diejenigen Fälle in Auge gefasst, wo bei einer locomotorischen Leistung, welche auch durch normalen Flug

ausführbar wäre, Perioden des Schwebens in dieser oder jener Weise eingeführt sind. Es ergab sich, dass durch das Schweben keine ganz absonderliche Ersparniss an Stoffumsatz ermöglicht, und keineswegs eine viel geringere Muskelmenge zulässig gemacht wird. Damit ist nicht geleugnet, dass das Schweben eine thatsächliche Ersparniss an Stoffumsatz in gewissen Fällen verursachen kann, namentlich wenn zu plötzliche Aenderungen der Richtung der Bewegung und zu grosse Supinationswinkel der Drachenflächen vermieden werden, und wenn der Wiederersatz der verlorenen Trajectorialgeschwindigkeit unter verhältnissmässig günstigen äusseren Umständen geschen kann. Dieser Vortheil würde mehr ins Gewicht fallen, wenn die Muskeln bei des Feststellung des Schultergelenkes dieselbe Spannung sparsamer leisteten, als beim Flügelschlag.

Sicher aber liegt in vielen Fällen der Vortheil des Schwebens, oder sagen wir lieber der Drachenwirkung von Rumpf + Flügel anderswo als in der Ersparniss von Stoffumsatz.

Vor Allem kommt die Vereinfachung der ganzen inneren Bewegung und die Ersparniss an Willensanstrengung in Betracht, die geringere Inanspruchnahme der Aufmerksamkeit durch die Bewegung selbst, auch vielleicht die geringere Erschütterung.

Sodann handelt es sich nicht immer darum, in genau horizontaler Linie mit erheblicher Geschwindigkeit weiter zu gehen.

Manchmal ist es dem Thiere daran gelegen annähernd an derselben Stelle zu bleiben; durch Auf- und Niederschweben kann die mangelnde Fähigkeit zu rütteln ersetzt werden.

Raubvögel z. B. steigen langsam, vielleicht in einer weiten Spirallinie in die Höhe, bis sie einen Raub erspähen; dann handelt es sich darum, mit grosser Geschwindigkeit schräg zu demselben abzusteigen; dies kann mit gleichmässiger Geschwindigkeit, in gerader Linie schwebend geschehen.

So ist in hunderterlei Art und Weise die Drachenwirkung der Flugflächen zur Regulation der Grösse und Richtung der Bewegung, zur Ausnutzung der Einwirkung der Schwere oder der erworbenen Geschwindigkeit entgegen der Schwere nützlich.

Sie erleichtert überhaupt den lebhafteren Verkehr in der 3., der verticalen Dimension der Luft; doch sind für denselben nicht alle Flieger in gleicher Weise geeignet. Wo die Beute in der Luft zu erjagen ist, spielt diese Fähigkeit eine grosse Rolle; man braucht nur Schwalben oder auch Fledermäuse bei ihrem Nah-

rungserwerb zu beobachten. Endlich dient diese Drachenwirkung ganz besonders dem Bedürfniss und Gefallen der Thiere an lebhaftem, gaukelnden Spiel oder an kühnem Kampfe.

b. Drachenflug in ungleichmässig bewegter Luft.

Unser Urtheil über die Bedeutung des Schwebens (der Drachenwirkung) für die Ortsbewegung der Flugthiere wäre aber einseitig, wenn wir bloss die Verhältnisse einer gleichmässig bewegten Atmosphäre ins Auge fassen wollten.

Es kann nicht bezweifelt werden, dass unter Umständen grössere Vögel viele Minuten, ja Viertelstunden lang und während noch grösserer Zeit, ohne einen Flügelschlag zu thun, in derselben Höhe bleiben, ja beträchtlich aufsteigen können. DARWIN hat beobachtet [1]), wie der Condor halbe Stunden lang ohne sichtbaren Flügelschlag in grossen Curven oder Cirkeln auf- und absteigend sich bewegte. Ich kann es mir füglich ersparen, noch andere Beispiele glaubwürdiger Beobachtungen über diesen Punkt hier aufzuführen, da vielleicht jeder meiner Leser Gelegenheit gehabt hat, einen Geier, oder Storch, oder einen Weih, eine Möve, einen Bussard, oder unter Umständen sogar eine Krähe oder Dohle beim Kreisen zu beobachten. Reisende berichten, dass der Albatros oft während beliebig langer Zeit über den Wogen mit ausgebreiteten Fittichen ohne Flügelschlag dahingleitet. Viele Erklärungen dieser auffallenden Thatsache sind versucht, scharfsinnige Theorien sind aufgestellt worden, manche Autoren haben eine Bewegung der Luft ganz richtig als causa sine qua non hingestellt, aber sie hielten eine gleichmässige Bewegung der Luft für genügend, so auch kürzlich MÜLLENHOFF [2]). Alle Versuche der Erklärung mussten fehlschlagen, so lange sie nicht auf die ungleichmässige Bewegung der Luft Bezug nahmen.

In der That ist es vollkommen gleichgültig, ob die Atmosphäre, in welcher der Flug stattfindet, in Ruhe oder gleichmässig bewegt ist; die Geschwindigkeit der Strömung könnte eine ausserordentlich grosse sein, und doch würde das Thier, einmal in ihr befindlich, keine weitere Einwirkung mehr von derselben erfahren. Das ist so selbstverständlich, dass man kaum begreift, wie es übersehen werden konnte. Es ist das Verdienst englischer For-

---

[1]) DARWIN, Reise eines Naturforschers um die Erde. IX. Cap.

[2]) K. MÜLLENHOFF, Die Grösse der Flugflächen. PFLÜGERS Archiv, XXXV, pg. 427 u. 428.

scher, zunächst von Rayleigh[1]), dann von Hubert Airy[2]), Courtenay[3]) und Andern, die so räthselhaft erscheinenden Verhältnisse des Kreisens aufgeklärt zu haben.

Zahlreiche Beobachtungen zeigten, dass das Kreisen nur bei bewegter Luft stattfindet. Fast ausnahmslos verschiebt sich bei fortgesetztem Kreisen das Centrum der Touren in der Richtung des Windes und nach oben. Die Bewegung wird oft, so weit das Auge folgen kann, in demselben Sinne fortgesetzt; in anderen Fällen wieder biegt das Thier in S-förmiger Bahn zur Seite ab und kreist nun in der entgegengesetzten Richtung; bei mehr stürmischem Wetter werden die complicirtesten Touren ausgeführt. Jene englischen Forscher sind von ähnlichen Beobachtungen ausgegangen und haben hervorgehoben, dass in der bewegten Luft Verschiedenheiten der Strömungen bestehen, nicht etwa bloss da, wo übereinander liegende Luftschichten absolut in verschiedener Richtung bewegt werden, sondern auch zwischen Luftmassen, die in derselben Richtung dahintreiben. So werden z. B. bei scheinbar gleichmässigem Winde die der Erdoberfläche benachbarten Theile stärker gehemmt; aber auch nebeneinander dahinziehende Luftmassen können sich verschieden verhalten; überall, wo solche Unterschiede bestehen, strömt die eine Luftmasse relativ zur andern in entgegengesetzter Richtung.

An den Grenzflächen entstehen grössere oder kleinere Wirbel, die in bestimmter typischer Weise weiter wandern. Die verschiedensten localen Verhältnisse verursachen locale Strömungen, Gegenströmungen und Wirbelbewegungen. Von all' diesen Verschiedenheiten zieht der Vogel im geeigneten Falle Nutzen. Wo z. B. zwei Ströme nebeneinander bestehen, die einen Geschwindigkeitsunterschied $= V$ haben (Fig. 33 A und B), bewegt sich das Thier zunächst in und mit dem einen Strom A, erwirbt sich durch Flügelschläge oder durch Abwärtsschweben gegenüber seiner Umgebung eine bestimmte lebendige Kraft, mehr oder weniger in der Richtung der Strömung A; dann biegt es allmählich senkrecht gegen die eine Grenzfläche der Strömung um und wird (bei a Fig. 33) plötzlich von der Gegenströmung B erfasst. Vermöge der erworbenen lebendigen Kraft würde es in der Strömung A nicht ganz zur alten Höhe und Geschwindigkeit wieder empor-

---

[1]) Rayleigh, Nature XXVII, pg. 535.
[2]) Hubert Airy, Nature XXVII, pg. 590.
[3]) R. Courtenay, Nature XXVIII, pg. 28.

gestiegen sein. Diese Energie kann auch im Strom B ausgenutzt werden; ausserdem aber besitzt der Körper, dessen Masse mit M bezeichnet sei, entgegen den als ruhend gedachten Luftmassen der Strömung B eine Anfangsgeschwindigkeit $= V$ oder eine lebendige Kraft $\frac{1}{2} MV.^2$. Auch diese kann zum Aufsteigen benutzt und verbraucht werden. Dabei erhält das Thier mehr und mehr die Geschwindigkeit der Strömung B, steigt vielleicht wieder etwas in ihr ab, eilt ihr dadurch voraus und biegt wieder (bei c) in den Strom A hinein. Dieser hat gegenüber der als ruhend gedachten Luftmasse B wieder die Geschwindigkeit V; es wiederholt sich also eine ganz ähnliche Wechselwirkung, wie vorhin beim Uebertritt von A nach B.

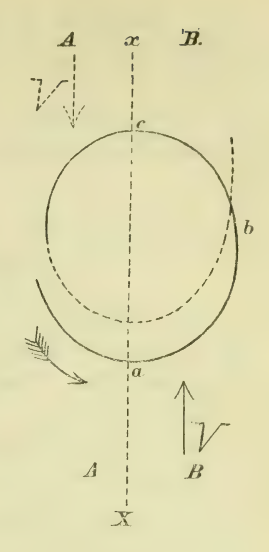


Fig. 33.

Die Drachenflächen müssen natürlich den neu einwirkenden Strömungen zugekehrt sein, bei a gegen X, bei c gegen x hin. Auch die Ebene des Schwanzes spielt hierbei eine wichtige Rolle.

Man erkennt, dass durch die geschickte Benutzung der Strömungsdifferenz der Luft der Vogel eine beträchtliche Hebung erfahren muss, sodass er wohl in derselben Höhe zu bleiben, ja aufzusteigen vermag. Doch wäre es verdienstlich, hierüber noch genaue Berechnungen anzustellen. In ähnlicher Weise können auch Geschwindigkeitsdifferenzen übereinander hinziehender Luftschichten, ferner Luftwirbel etc. verwerthet werden. Die ganze Anstrengung, die der Vogel zu machen hat, beschränkt sich dann auf die Regulirung der Flügel-, Schwanz- und Kopfstellung und auf die Feststellung der Flügel im Schultergelenk.

An jeder Mauer, jedem Hausdach, jeder Erhöhung des Bodens staut sich der Wind, und bildet sich eine an der Windseite aufsteigende Strömung aus; Aehnliches beobachtete Möbius an der Windseite seines Schiffes; er macht wahrscheinlich, dass auch über den grossen Meereswogen ähnliche Deviationen der Luftströmung stattfinden. Wenn nun ein mit Flugflächen versehenes Thier, ein fliegender Fisch oder ein Vogel aus verhältnissmässig ruhiger, oder horizontal bewegter Luft in diese aufsteigenden Strömungen von der Seite eintaucht, sich mit emporreissen lässt und rechtzeitig

wieder aus ihnen heraustritt, so kann auch dadurch wieder die Wirkung des Flügelschlages ersetzt werden.

Es muss den in wild bewegter Luft sich tummelnden Fliegern eine staunenswerthe Fähigkeit zugetraut werden, aus den verschiedenen Strömungen Nutzen zu ziehen.

8. Aenderung der Verhältnisse des Fluges bei Aenderung aller Dimensionen des Flugthieres.

Bei Thieren von geometrisch ähnlichem Körperbau, aber verschiedenen Dimensionen verhalten sich die Gewichte P wie die Volumina, die einander entsprechenden Flächen wie $P^{2/3}$, die Längen wie $P^{1/3}$.

Soll bei allen horizontaler Normalflug stattfinden, so müssen die Kräftefelder der verticalen Widerstände wachsen wie P; soll dies nun auch mit den horizontalen Widerständen in entsprechenden Phasen der Fall sein, dann müssen die absoluten Geschwindigkeiten der Flächen gegen die Luft sich in entsprechenden Stellungen verhalten. Die Widerstände wachsen dann wie $P^{1/6}$, (wegen der Geschwindigkeit wie $P^{1/3}$ und wegen der Fläche wie $P^{2/3}$). Es muss sich dabei also die horizontale mittlere Geschwindigkeit des Ganzen ebenfalls wie $P^{1/6}$ verhalten. Daraus folgt dann aber, dass auch die relativen Geschwindigkeiten proportional $P^{1/6}$ sein müssen, und dass die Bewegung „geometrisch ähnlich“ bleiben muss. Da entsprechende relative Excursionen sich wie $P^{1/3}$ verhalten, so sind die zu ihrer Durchmessung nothwendigen Zeiten proportional $P^{1/6}$. Ebenso verhält sich die Dauer einer ganzen Periode oder eines Flügelschlages. Die Winkelgeschwindigkeiten aber, oder die Excursionsgeschwindigkeiten der Muskeln im Verhältniss zu ihren Längen sind proportional der Grösse $\frac{P^{1/6}}{P^{1/3}}$ oder $\frac{1}{P^{1/6}}$.

In entsprechenden Phasen müssen sich die Spannungen entsprechender Theile wie P erhalten, und da die Querschnitte nur zu $P^{2/3}$ proportional sind, so wächst die Beanspruchung gleich grosser Elemente auf Spannung wie $P^{1/3}$. Da die sich entsprechenden Phasen sich wie $P^{1/6}$ verhalten, so ist ihre Einwirkung pro Phase proportional $P^{7/6}$; dafür wiederholt sich dieselbe Einwirkung pro Zeiteinheit mit einer Häufigkeit von $\frac{1}{P^{1/6}}$.

Die inneren Kräfte ändern sich also dabei ganz nach dem-

selben Typus wie die äusseren Kräfte. Die locomotorische Leistung sowohl in der verticalen als in der z-Richtung ist proportional P; die Muskelarbeit aber verhält sich wie $P^{7/6}$.

Wird angenommen, dass die Muskeln überall gleich gut der Arbeitsleistung angepasst sind, und zwar so, dass z. B. bei grösseren Thieren die Muskeln verhältnissmässig kürzer und dafür dicker sind, dass aber die Muskelmenge nicht stärker wachsen kann als das Körpergewicht P, so würde die Beanspruchung gleich grosser Muskelmengen verschieden sein müssen, wie $P^{1/6}$.

Ganz dasselbe Resultat muss erhalten werden, wenn man irgend eine andere Flugweise zum Ausgangspunkt wählt. Soll die Bewegung bei verschiedenen, geometrisch ähnlich gebauten Thieren ähnlich bleiben, von der gleichmässigen Aenderung der Zeitdauer der sich entsprechenden Phasen abgesehen, so müssen die äusseren Widerstände und die inneren Kräfte sich verhalten wie die Gewichte; die absoluten Geschwindigkeiten wie $P^{1/6}$, ebenso die relativen, die Excursionen wie $P^{1/3}$, die Phasendauer wie $P^{1/6}$, die Arbeiten wie $P^{7/6}$. Dies wurde für das Schweben schon im vorigen Kapitel erörtert; es gilt in ähnlicher Weise für das Steigen, den stationären Flug, kurz für jeden besonderen Typus der Bewegung.

Es ist nun gar nicht zu bezweifeln, dass ganz erhebliche Verschiedenheiten der Muskelsubstanz vorkommen, und zwar nicht blos in der Art, dass das eine Mal die Fähigkeit, Spannung zu leisten, gross und dafür die Verkürzungsfähigkeit klein ist, das andere Mal das Gegentheil zutrifft, sondern auch insofern, als gewisse Muskelsubstanzen überhaupt grössere Arbeit zu leisten vermögen als andre. Doch hat dies seine Grenzen; es ist nicht wohl denkbar, dass im Grossen und Ganzen in der Klasse der Vögel die Arbeitsfähigkeit der Muskelsubstanz wie die 6. Wurzel des Körpergewichtes wächst; dass also z. B. bei einem Fischadler von 2176 Grm. Gewicht die Arbeitsfähigkeit der Muskelsubstanz auf die Dauer doppelt so gross sein könnte, als bei einem 64 mal kleineren Vogel, z. B. einem Sperling von 33 Grm. Gewicht. Jedenfalls muss früher oder später die Grenze einer derartigen Verbesserungsfähigkeit der Muskelsubstanz erreicht sein.

Aus diesen Ueberlegungen ergiebt sich Folgendes mit Sicherheit:

1) dass das relative Flugvermögen mit zunehmender Körpergrösse und wachsendem Körpergewicht bei gleich günstigem Bau und möglichst ähnlicher Weise des Flügelschlages abnehmen muss,

2) dass bei einem gewissen Maximum der Dimensionen der

Flug mit Apparaten, welche nach demselben Princip gebaut und bewegt sind, überhaupt nicht mehr möglich ist.

Dabei ist unter relativem Flugvermögen verstanden:

a) Die Befähigung zum horizontalen Normalflug nach Ausdauer und Geschwindigkeit. Ein Mass dieser Befähigung ist z. B. die mittlere Geschwindigkeit, mit welcher sich der Vogel bei anhaltendem Fluge, z. B. bei den Wanderungen gegenüber dem umgedenden Medium horizontal fortzubewegen vermag: angegeben in Metermass und dividirt durch $P^{1/6}$, wobei das Gewicht etwa in Gramm anzugeben wäre.

b) Die Befähigung zu Extraleistungen. Dieselbe ist nicht so genau durch Maasse bestimmbar. Man könnte z. B. als Mass hierfür die Geschwindigkeit wählen, mit welcher die Thiere in demselben bestimmten steilen Winkel aufzusteigen vermögen, dividirt durch $P^{1/6}$, oder die maximale Spannung, reducirt auf die ε-Tangentenebene ihres Flügels, mit welcher sie den Flügel gegenüber dem Rumpf festzuhalten vermögen, dividirt durch P, oder das Verhältniss der maximalen Horizontalgeschwindigkeit, deren sie fähig sind zur mittleren (oder vielleicht ein Mehrfaches oder eine Potenz oder irgend eine bestimmte Funktion dieses Verhältnisses). Am richtigsten aber ist es, wenn man allen diesen Verhältnissen zusammen Rechnung trägt und nur immer berücksichtigt, dass zum gleichen relativen Flugvermögen ein Verhalten der Geschwindigkeiten wie $P^{1/6}$ gehört.

Dasselbe Missverhältniss zwischen der Zunahme der Grösse des Apparates und der Anzahl von Motoren, welche in ihm Platz finden, einerseits, und andererseits der Zunahme der Arbeit, welche nothwendig ist, damit auch jetzt noch dieselbe Locomotionsform möglich ist, besteht überall da, wo irgend ein Theil der äusseren Kräfte nicht bloss eine Funktion der Oberflächengeschwindigkeit ist, sondern eine Funktion der Masse. Bei einem Locomotionsapparat, der mitten im Wasser oder in der Luft schwimmt und mit dem umgebenden Medium dasselbe spezifische Gewicht hat, wirken als äussere Kräfte nur Widerstände ein; würde hier die Geschwindigkeit der Oberflächen nur wachsen wie die 12. Wurzel der Masse M, der Widerstand also dann wie $M^{5/6}$, und die relativen Excursionen wie $M^{1/12}$, so würden die Spannungen der inneren Kräfte nur wie $M^{5/6}$ zuzunehmen brauchen, Muskelarbeit und Muskelmenge nur wie $M^{11/12}$. Es würde also die Geschwindigkeit der Vorbewegung mit zunehmenden Dimensionen absolut immer noch um etwas mehr als proportional $M^{1/12}$ wachsen

können. Der Entwicklung riesiger Wasserthiere mit erheblicher absoluter Geschwindigkeit steht also in dieser Hinsicht nichts im Wege; ebensowenig der Vergrösserung der durch statischen Druck schwebend gehaltenen Luftschiffe und der gleichzeitigen Steigerung ihrer absoluten Geschwindigkeit.

Es kann nun zwar bei der Ortsbewegung spezifisch schwererer Apparate, z. B. der Vögel in der Luft mit wachsenden Dimensionen auf die Zunahme der Horizontalgeschwindigkeit im Verhältniss von $P^{1/6}$ verzichtet werden. Ja man könnte sich denken, dass die Geschwindigkeit geradezu vermindert wird; aber dies kann doch nur bis zu einer gewissen Grenze mit Vortheil geschehen, nehmen wir an bis 0, wo dann also die ganze disponible Muskulatur zum Verbleib in demselben Niveau verwendet wird. Von jetzt an ist sicher auch hier keine weitere Vergrösserung der Dimensionen ohne gleichzeitige Vergrösserung der Arbeitsfähigkeit nach $P^{1/3}$ denkbar.

Diese Auseinandersetzungen bestätigen nur das, was Helmholtz schon vor Jahren in einem inhaltsreichen Aufsatze entwickelt hat [1]. Ich erlaube mir, seine Schlussfolgerungen hier zu wiederholen [2]:

„Daraus geht hervor, dass die Grösse der Vögel eine Grenze

---

[1]) Helmholtz. Ueber ein Theorem, geometrisch ähnliche Bewegungen fliessender Körper betreffend nebst Anwendung auf das Problem, Luftballons zu lenken. (Monatsber. d. Berliner Akademie 1873. 26. Juni).

[2]) Ich darf hier nicht verschweigen, dass ich vor Jahren (Ueber die Luftsäcke der Vögel. 1877. In.-Diss.) (Morphol. Jahrb. III.), um die grossen Schulterlufträume bei grossen guten Fliegern und die im Vergleich zum Flügel- und Rumpfvolum verhältnissmässig klein erscheinende Muskelmenge zu erklären, den Nachweis versucht habe, dass mit steigendem Körpergewicht bei sonst ähnlichen Verhältnissen die zum Schwebenderhalten nothwendige Muskelmenge abnehmen dürfe. Der Aufsatz von Helmholtz ist mir erst später zu Gesicht gekommen, als ich schon lange das Irrige dieses Nachweises eingesehen hatte. Es ist zwar von mir (auf S. 218) ganz richtig erörtert worden, wie mit der Aenderung der Dimensionen die Bewegung des Apparates abändern muss; das aber, was auf S. 219 über die Kräfte und Arbeitsleistung gesagt und was weiter daraus gefolgert wurde, muss als fehlerhaft bezeichnet werden. Es wird sich aus dem Folgenden ergeben, dass die thatsächlichen Unterschiede in der Anordnung der Muskeln und in der Ausbildung der Pneumatisation sich aus anderen Gründen, ohne die genannte fehlerhafte Annahme sehr gut verstehen lassen.

hat, wenn nicht die Muskeln in der Richtung weiter ausgebildet werden, dass sie bei derselben Masse noch mehr Arbeit leisten können. Gerade unter den grossen Vögeln, welche grosser Leistungen im Fliegen fähig sind, finden wir nur Fleisch- und Fischfresser, also Thiere, welche concentrirte Nahrung zu sich nehmen und keiner ausgedehnten Verdauungsorgane bedürfen. Unter den kleineren sind auch viele Körnerfresser, wie die Tauben und kleinen Singvögel gute Flieger. Es erscheint deshalb wahrscheinlich, dass im Modell der grossen Geier die Natur schon die Grenze erreicht hat, welche mit Muskeln als arbeitsleistenden Organen und bei möglichst günstigen Bedingungen der Ernährung für die Grösse eines Geschöpfes erreicht werden kann, welches sich durch Flügel selbst heben und längere Zeit in der Höhe erhalten soll. Unter diesen Umständen ist es kaum als wahrscheinlich zu betrachten, dass der Mensch auch durch den allergeschicktesten flügelähnlichen Mechanismus, den er durch seine eigene Muskelkraft zu bewegen hätte, in den Stand gesetzt werden würde, sein eigenes Gewicht in die Höhe zu heben und dort zu erhalten“.

Wir sind nun durch die vorangegangenen Untersuchungen in den Stand gesetzt, noch etwas mehr ins Einzelne hinein zu beurtheilen, welche Modificationen des Flugapparates und der Flugweise besonders geeignet sind, die Anforderungen an die Grösse und den Stoffumsatz der Muskulatur einzuschränken. Je grösser das Flugthier, desto mehr wird es im Allgemeinen gezwungen sein, von diesen Einrichtungen Gebrauch zu machen.

Vor Allem kommt, abgesehen von einer allfälligen Verbesserung der Arbeitsfähigkeit der Muskelsubstanz, in Betracht:

a. *Die Vermeidung von besonders grossen Extraleistungen der Spannung, Excursion und Excursionsgeschwindigkeit.* Das Aufsteigen durch Flügelschlag geschieht im Allgemeinen in um so weniger steiler Bahn, die verticale Geschwindigkeit ist im Verhältniss zu $P^{1/6}$ um so geringer, je grösser das Flugthier ist; beim horizontalen Fluge sind die maximalen Geschwindigkeiten im Verhältniss zur gewöhnlichen geringer beim grösseren Flugthier. Ja es finden sich sogar die grössten *absoluten* Geschwindigkeiten des horizontalen Fluges eher bei der Schwalbe, den Tauben, dem Falken, als bei den grossen Geiern, Adlern, Kranichen u. s. w. Kein grosser Flieger hat meines Wissens die Fähigkeit oder Gewohnheit, rüttelnd an derselben Stelle zu bleiben. Beim Schweben

werden rasche Wendungen bei grosser Geschwindigkeit vermieden; aus demselben Grunde geschieht auch das Absteigen in mehr horizontaler Linie, mit mehr gleichmässiger Geschwindigkeit, zu Anfang namentlich mit grösserem Supinationswinkel (gegenüber dem Trajectorium) u. s. w.

b. Einschränkung der mittleren horizontalen Geschwindigkeit des Ruderfluges.

c. Möglichste Grösse der Flügel bei möglichst geringem Flügelgewicht. (Pneumaticität).

d. Möglichste Beschränkung der Massenentwicklung der nicht unmittelbar der Locomotion dienenden Organe, wie dies von HELMHOLTZ hervorgehoben wurde[1]).

e. Möglichste Benutzung der Luftströmungen zum Schweben und Kreisen.

Was die Verhältnisse der Flügelgrösse und des Flügelgewichts betrifft, so muss zunächst untersucht werden, wie beim Wachsthum der Widerstände nach P und bei einer Vergrösserung der Flügelfläche nach $P^{2/3}$ die Ansprüche an die Festigkeit und an das Gewicht des Flügels sich ändern. An correspondirenden Theilen des Flügels wächst der mittlere und maximale Druck wie P, pro Flächenelement wie $P^{1/3}$. Alle Entfernungen wachsen wie $P^{1/3}$.

Die Torsions- und Biegungsbeanspruchung wächst an entsprechenden Schnittebenen wie $P.P^{1/3}$; der Torsions- und Biegungswiderstand bei ähnlicher Materialvertheilung an denselben nur wie P; die Scheerungsbeanspruchung wächst dabei wie P, die Scheerungsfestigkeit wie $P^{2/3}$, doch ist letztere wohl lange noch hinreichend. Mit demselben Material kann also der Flügel nur genügend festgemacht werden, wenn dieses Material möglichst in den Richtungen der grössten Zusammenschiebung und Dehnung des Organs in Druck- und Zugtrajectorien angeordnet ist, und wenn diese zwei Arten von Trajectorien sich möglichst weit im Querschnitt von einander entfernen; Federspulen und Knochenröhren müssen also verhältnissmässig weiter werden. Aehnliches muss im Kleinen an den Federstrahlen stattfinden. Das Skelet wird voluminöser.

---

[1]) S. auch den interessanten Aufsatz von C. BERGMANN. Physiologische Bemerkungen über einige bekannte Eigenthümlichkeiten der Vögel. Müller's Arch. f. Anat. 1850. pg. 365—381.

Die annähernd vollkommene Vermeidung einer relativen Gewichtszunahme wird nur dadurch möglich, dass Luft in das Innere der Gebilde dringen kann. Solches geschieht bekanntlich an den Federspulen durch eigene Oeffnungen; von der Schulter aus, wo ein Luftsack dem Humerus anliegt, dringt dieser zwischen schwindenden oder auseinander weichenden Theilen der Compacte hindurch in die Markräume des Knochens und breitet sich daselbst aus, während das Mark resorbirt wird. An dem Humerus vorbei oder durch ihn hindurch gelangt der Luftraum in die Ellenbeuge, von da zum Vorderarm und zur Hand. Eine so grosse Ausdehnung gewinnen die Lufthöhlen bekanntlich nur bei den grossen, verhältnissmässig guten und grossflügeligen Fliegern [1]).

So ist bei Pelicanen, Schwänen, Geiern, Kranichen, doch auch bei den kleineren Tukanen und Nashornvögeln u. s. w. zuletzt das ganze Flügelskelet bis zum äussersten Ende hinaus pneumatisirt [2]).

Durch die Möglichkeit des Nachdringens von Luft wird nun auch der Vortheil einer weiteren, relativen Vergrösserung des Flügels bis zu einer gewissen Grenze der Vergrösserung gesichert. (S. das 3. Kapitel dieses Haupttheils der Schrift). Dieser Vortheil kann vorhanden sein, obschon dabei das Gewicht des Flügels etwas zunimmt.

So versteht man, warum bei grösseren guten Fliegern das Flügelgewicht verhältnissmässig gross ist. Man übersieht leicht die relative Vergrösserung des Flügels im Verhältniss zum Gesammt- oder Rumpfgewicht, weil sie meist von einer relativen Expansion des Rumpfes begleitet ist, aus Gründen, welche gleich besprochen werden sollen.

Der Einfluss aller dieser günstigen Umstände kann nun, wie leicht nachzuweisen ist, nur bis zu einer gewissen Grenze gesteigert werden, die wirklich allem Anschein nach beim Condor bereits annähernd erreicht ist Mit zunehmenden Dimensionen steigert sich also die Schwierigkeit überhaupt zu fliegen, d. h. sich durch locomotorische Thätigkeit in der Luft zu halten, und es ist eine grössere Kunst und grössere Besonderheit der Organisation dazu nöthig; bei kleinen Thieren genügen dazu kleinere

---

[1]) S. Nitsch. Osteographische Beiträge. Strasser. Ueber die Luftsäcke der Vögel. Morpholog. Jahrb. III. 1877.

[2]) Bei Diomedea exulans scheinen die Knochenröhren nach einem etwas anderen Typus verhältnissmässig schlank zu bleiben; dafür aber haben sie einen ausserordentlich festen Bau.

Muskeln, kleinere Flugflächen u. s. w. bei derselben Arbeitsfähigkeit. Es ist demnach mehr als wahrscheinlich, dass es kleine Thiere gewesen sind, welche zuerst in der Geschichte der Thierwelt und der einzelnen Thierstämme die Fähigkeit zu fliegen gezeigt haben.

Es wird diese Meinung nicht durch die Thatsache widerlegt, dass sich in denselben geologischen Schichten mit den Zahnvögeln Amerikas gigantische Flugsaurier gefunden haben, die zum Theil eine Flügelspannweite von nahezu 25 Fuss besessen haben müssen.[1] Vermochten diese Riesen im wahren Sinne des Wortes zu fliegen, was kaum der Fall war, so konnten ihnen flugfähige Ahnen von kleinerem Wuchs vorausgegangen sein. Was die Vögel betrifft, so fehlt in den Schichten unterhalb der oberen Kreide bis jetzt jede Spur eines grösseren guten Fliegers. Der grösste, Ichthyornis, mochte kaum grösser als eine Taube gewesen sein, Archäopterix hatte etwa die Grösse einer Holztaube oder Krähe. Immerhin wäre es möglich und würde die oben ausgesprochene Vermuthung durchaus nicht haltlos machen, dass auch in diesen alten Schichten noch dereinst grosse Flugvögel gefunden werden, die sogar unseren Condor an Grösse noch übertreffen. Man darf dabei nicht vergessen, dass die grössere oder geringere Schwierigkeit des Nahrungserwerbes von Bedeutung ist für die Grenze, bis zu welcher die Bewegungsgeschwindigkeit ohne Schaden eingeschränkt werden kann. Bei besonderer Leichtigkeit, die Nahrung aus der Nähe zu beschaffen, konnten Geschwindigkeit und Ausdauer der Bewegung vermindert, die Arbeitsfähigkeit (und Stoffwechselgrösse) der Muskelsubstanz im Verhältniss zur Muskelmenge vermehrt sein.

Es waren jeweilen kleine Thiere, welche das Fliegen erfunden haben. Zugleich aber müssen es sehr bewegliche, durch grosse Raschheit der Muskelverkürzung ausgezeichnete Geschöpfe gewesen sein. Zu diesem Schlusse gelangen wir, wenn wir die nothwendigen Aenderungen in der Qualität und Vertheilung der Muskulatur ins Auge fassen, die mit einer Aenderung der Dimensionen bei ähnlich bleibender Locomotionsform verknüpft sein muss, — immer vorausgesetzt, dass die Muskeln die zu leistende Arbeit möglichst ökonomisch leisten. —

[1] R. Wiedersheim. Ueber die Vorfahren der heutigen Vögel. Humboldt Bd. IV. Heft 6.

Es wurde oben dargethan, dass bei ähnlichem Bau und ähnlich bleibender absoluter und relativer Bewegung der Flugthiere die relativen Geschwindigkeiten sich wie $P^{1/6}$ oder im Verhältniss zur Länge des Thieres wie $\frac{1}{P^{1/6}}$ verhalten müssen. Die Spannungen aber (in der ε-Tangentenebene) müssen zu P proportional sein, oder im Verhältniss zu einander entsprechenden Querschnittsflächen wie $\frac{P}{P^{2/3}} = P^{1/3}$ sich verhalten.

Lassen wir es dahingestellt, ob bei grösseren Dimensionen die nothwendige relative Vergrösserung der Muskelmenge stattfindet oder nicht; jedenfalls muss sich das Verhältniss der Muskelquerschnitte zu den Muskellängen, oder das Verhältniss der Anheftung, oder es muss sich der innere Bau der Muskeln ändern. In dieser Beziehung kommen folgende Wege der Anpassung in Betracht:

1. Die Anordnungsweise und Form der Muskeln im Ganzen und die Richtung der Fasern im Innern der Muskeln bleibe möglichst unverändert. Gleichmässige Vergrösserung aller Dimensionen finde statt. Dann muss die Qualität der Substanz im Sinne einer Vermehrung der Leistungsfähigkeit für Spannung und einer Verminderung der maximalen Verkürzungsgeschwindigkeit sich ändern.

2. Es kann die Richtung der Fasern sich ändern im Sinne einer grösseren Parallelstellung der Fasern zu einander und zu der resultirenden Zugrichtung, bei gleichbleibender Länge und Zahl der Fasern. Schlanke, lange, schrägfaserige Muskeln werden dadurch in kürzere, dickere, mehr parallelfaserige Muskelkörper verwandelt [1]).

3. Bei ähnlicher Anordnung der Muskeln im Ganzen, ähnlicher Richtung der Fasern im Einzelnen wird die Länge der Fasern weniger, und die Zahl stärker vermehrt, wobei ebenfalls die Form der ganzen Muskeln geändert wird.

4. Die Hebelarme der Muskeln ändern sich statt nach $P^{1/3}$ in besonderer Weise. Es rücken z. B. mit wachsenden Dimensionen die Muskeln relativ vom Gelenk weg, sei es dass nur die Ursprünge der Muskeln am Rumpf oder Ursprung und Ansatz im Verhältniss zu der Länge des Flügels (oder dem Abstand $o\varepsilon$) vom Gelenk sich entfernen. Bleibt die Form und Structur des

[1]) Strasser, Zur Kenntniss der functionellen Anpassung der quergestreiften Muskeln, pg. 44 ff.

Muskelbauches im Uebrigen eine ähnliche, so hat eine solche Umlagerung bei sonst gleichen Verhältnissen eine bessere Ausnützung der Muskellänge und eine verminderte Beanspruchung des Muskelquerschnittes zur Folge.

5. Diese 4 Momente könnten auch in beliebiger Weise miteinander combinirt wirken.

Bei Verkleinerung aller Dimensionen muss umgekehrt die Anpassung der Muskulatur in der entgegengesetzten Richtung vor sich gehen. Mit den Aenderungen 2, 3 und 4 müsste natürlich eine *Aenderung des Excursionscoefficienten* der Fasern verbunden sein, vorausgesetzt, dass der Schlagwinkel derselbe bleibt.

a. Grenzen dieser Aenderungen beim Wachsthum der Dimensionen.

Ueber die Grenzen der Umänderungsfähigkeit der Qualität mit oder ohne Abänderung des Excursionscoefficienten will ich keine Vermuthungen äussern. Die Richtung der Fasern kann jedenfalls nicht mehr nützlich verändert werden, als bis die Fasern Parallelstellung mit einander haben und mit der resultirenden Zugrichtung parallel gestellt sind. Die Verdickung der Muskeln findet ihre Beschränkung durch die Beschränktheit der Ansatz- oder Ursprungsflächen, die ja bei ähnlichem Wachsthum aller Dimensionen des Skeletes nach $P^{1/3}$ nur wie $P^{2/3}$ wachsen; etwas günstiger liegen die Verhältnisse, wenn das Flügelvolum stärker als P wächst, und ebenso, wenn Aehnliches beim Rumpf der Fall ist.

Man versteht aber, dass wegen der Beschränktheit aller dieser Veränderungen auch noch die vierte Möglichkeit ausgenutzt werden muss, um so mehr, je grösser P ist.

Ein Abrücken der Muskeln vom Gelenk, eine *stärkere Vergrösserung der Hebelarme, als dem Wachsthum von $P^{1/3}$ entspricht*, wird ermöglicht, wenn die Dimensionen des Rumpf- oder des Flügelskeletes oder beider zugleich ebenfalls in stärkerem Masse als $P^{1/3}$ wachsen, ferner aber durch ein *wirkliches Wegwandern der Ansatzflächen vom Gelenk* oder durch *Vorwachsen der Leisten und Fortsätze*, an denen die Muskeln entspringen und sich ansetzen. (Furcula, crista sterni, Fortsätze des Humeruskopfes).

Thatsächlich liegen nun gerade bei den grossen guten Fliegern die Muskeln der Schulter weiter auseinander (Anpassungsmöglichkeit Nr. 4); ferner scheinen die Muskelsehnen verhältniss-

mässig länger zu sein (Anpassungsmöglichkeit 2 oder 3); daraus würde folgen, dass der Excursionscoefficient wirklich mit zunehmender Grösse eine Aenderung erfährt. Andererseits ist nicht ausgeschlossen, dass auch noch eine Abänderung der Qualität (im Sinne der Anpassungsmöglichkeit 1) eine Rolle spielt. Es werden sehr sorgfältige Untersuchungen nothwendig sein, um dies zu eruiren.

Auch der Vortheil des Abrückens der Muskeln vom Gelenk würde bald seine Grenze finden wenn die dabei nothwendig vergrösserten Zwischenräume zwischen den Muskeln und dem Gelenk und zwischen den Muskeln untereinander, die ihre Form natürlich bei der Aktion von Moment zu Moment ändern müssen, durch eine tropfbar flüssige oder feste, nicht leicht ausweichende Ausfüllungsmasse eingenommen würden. Die Möglichkeit, dass Luftsäcke in die beim expansiven Wachsthum entstehenden Zwischenräume nachdringen, ist daher für die Entwicklung grösserer Flugthiere von der allergrössten Bedeutung. Die mit Luft erfüllten Zwischenräume zwischen den Mukeln der Schulter communiciren mit Nachbarhöhlen und mit den grossen Lufträumen im Innern der Brust und können ohne nennenswerthen Widerstand in ihrer Form verändert, vergrössert und verkleinert werden. Es ist nun vollkommen verständlich, dass diese Lufträume der Schulter gerade bei den grössten Fliegern die verhältnissmässig grösste Ausdehnung haben. (Abrücken der Muskeln vom Gelenk ist übrigens wohl auch in vielen anderen Fällen als gerade beim Fluge aus ähnlichen Gründen von Vortheil, und zwar in besonderem Maasse, wenn die Interstitien von Luftsäcken in Beschlag genommen werden können).

Ich habe diese Ansichten zum Theil schon in meiner Schrift „Ueber die Luftsäcke der Vögel [1])" geltend gemacht. Ich habe dort, und wie ich glaube mit vollem Recht, die Ansicht vertreten, dass die Hauptbedeutung der Pneumatisation darin liegt, dass durch sie ein expansiveres Wachsthum der Theile möglich resp. nützlich gemacht wird. Ein stark pneumatisirter Geier z. B. ist also hinsichtlich der Menge seiner eigentlichen activen, animalischen Substanzen nicht gleichwerthig einem gleich grossen, ja nicht einmal einem gleich schweren Reptil oder Säugethier, sondern einem erheblich kleineren, ja etwas leichteren. Es sind gleichsam nur bei ihm die einzelnen Balken und Wände

---

[1]) Morpholog. Jahrb., III. 1877.

des Baues weiter auseinandergerückt. Wenn dabei auch eine gewisse Summe stützender Substanz mehr gebraucht wird, und zur Gewichtsvermehrung beiträgt, so wird dieser Nachtheil mehr als compensirt durch die damit erworbene Fähigkeit, die vorhandenen Kräfte zur Ortsbewegung besser zu verwerthen.

b. Grenze der Anpassungsmöglichkeit bei Verkleinerung der Dimensionen.

Für die Verkleinerung der Dimensionen liegt die Hauptschwierigkeit in der nothwendig werdenden verhältnissmässigen Zunahme der Excursionsgeschwindigkeit der Muskeln bei ähnlicher Anordnung.

Die Verschmälerung und Verlängerung der Muskeln kann hier nicht weiter gehen, als bis sie den Zwischenraum zwischen Ursprung und Ansatz gänzlich ausfüllen und keine freie Sehne mehr vorhanden ist; die Schrägstellung der Fasern zur Zugrichtung kann eine gewisse Grenze nicht überschreiten, die Annäherung der Muskeln an das Gelenk nicht weitergehen, als bis die *Muskeln nahe am Gelenk zu einer fast continuirlichen Masse zusammengedrängt sind.* Wirklich zeichnen sich kleine Flieger durch das maximale Ausgenutztsein dieser Verhältnisse aus. Alle diese Umänderungen müssen vor sich gehen auch bei gleichbleibendem Schlagwinkel, müssen also mit einer Aenderung (Verkleinerung) des Excursionscoefficienten verbunden sein. Eine weitere Verkleinerung der Dimensionen ist schliesslich aber nicht denkbar, ohne *Verbesserung der Geschwindigkeit der möglichen Verkürzung* bei gleich bleibendem Excursionscoefficienten. Da nun im Stoffverbrauch, in der Muskelmenge, im Querschnitt der Muskulatur um so weniger gespart zu werden braucht, je kleiner die Dimensionen des Apparates sind, so scheint die Verbesserungsmöglichkeit der genannten Qualität wirklich eine sehr erhebliche sein zu können.

Alle diese im Vorigen besprochenen Verschiedenheiten der Muskelqualität und Muskelanordnung bei kleinen und grossen Fliegern sind bis jetzt eigenthümlicher Weise unbeachtet geblieben. Man hat beobachtet, dass die Contractionsgeschwindigkeit bei den Muskeln der Insekten ausserordentlich gross ist, ohne anzugeben, warum dem so sein muss; es hat auch bis jetzt meines Wissens Niemand darauf hingewiesen, dass auch bei den Vögeln

mit der Verkleinerung der Dimensionen eine Zunahme der relativen Verkürzungsfähigkeit verbunden ist, und warum es der Fall sein muss.

Was die Verkleinerung des Excursionscoefficienten entsprechend der Verkleinerung des Flugthieres betrifft, so will ich zum Schluss das Resultat einer kleinen Untersuchung mittheilen, die als Vorläufer einer grösseren Untersuchungsreihe zu betrachten ist.

Bei einer Möve, welche 130 cm weit klafterte, wurde der ausgestreckte Flügel so gegenüber dem Rumpf hin und her geführt, dass die Sagittalprofile des Flügeldreieckes der Längslinie des Rumpfes parallel blieben, die Flügellängslinie aber stets nur um denselben kleinen Betrag aus der Querebene des Rumpfes (Schulter) in adductorischem Sinn abwich.

War der Flügel auf diese Weise so weit als möglich ventralwärts geführt, so zeigte sich für die oberflächlichsten Muskelfasern aus der Mitte des Musc. pectoralis eine Annäherung der Anheftungspunkte gegeneinander bis auf die Distanz von 34 mm, bei naturgemässer Anspannung der Sehnen; wurde aber der Flügel aus dieser Stellung um 90° gehoben, so betrug die Entferung jener Anheftungspunkte 62 mm. Bei einer grossen Möve machen also an Muskelfasern von 34 mm kürzester Länge die Endpunkte bei einem Flügelniederschlag von 90° verticalem Schlagwinkel, eine Excursion von 28 mm. Jedes Längentheilchen verkürzt sich fast auf die Hälfte seiner Länge, vielleicht binnen $\frac{1}{6}$ Secunde.

Bei einem Todtenkopf (Acherontia atropos) wurde eine ähnliche Untersuchung angestellt. Der maximalen Tiefstellung des Flügels entsprach hier eine maximale Verkürzung des im Innern der Thoraxsegmente zunächst der Mittellinie gelegenen, mächtigen, schräg vorwärts aufsteigenden Muskels; die Länge der Fasern betrug dann 14 mm; wurde der Flügel um 90° gehoben, so rückten die Ansatzpunkte der Fasern höchstens bis auf eine Entfernung von 17 mm auseinander.

Bei diesem Schmetterling sind also ohne Zweifel bei jedem Flügelschlag die Excursionen der Muskelfasern im Verhältniss zu ihrer grössten, ihrer mittleren oder ihrer kleinsten Länge geringer als bei der Möve. Der Excursionscoefficient ist wirklich kleiner. Jedes Längentheilchen verkürzt sich um nicht viel mehr als um $\frac{1}{6}$ statt um $\frac{1}{2}$. Doch ist die hierzu verbrauchte Zeit nicht etwa bloss 3 mal, sondern sehr viel mal kürzer.

Der Todtenkopfmuskel ist also befähigt, gleich grosse relative Excursionen viel rascher auszuführen als der Mövenmuskel. Seine

Qualität muss auch noch, abgesehen von dem kleineren Excursionscoefficienten, von derjenigen des Mövenmuskels verschieden sein. Der grösseren Leistungsfähigkeit für Längenänderung entspricht aber wahrscheinlich eine geringere Leistungsfähigkeit für Spannung.

Die analoge Untersuchung bei einem Cypselus apus ergab folgendes Resultat:

Kürzeste Entfernung der Faserenden von einander bei maximaler Flügelsenkung: 25 mm,

Abstand bei Hebung aus dieser Stellung um 90°: 35 mm,

Excursion: 10 mm. Bei Cypselus ist also der Excursionscoefficient grösser als bei Acherontia, kleiner als bei der Möve.

9. Untersuchungen über die thatsächlichen Abänderungen der Flugverhältnisse und Flugapparate.

Es ist ein ganz natürlicher Gang der Entwicklung, wenn in der Lehre von den Flugbewegungen und Flugorganen abwechselnd theoretische Ueberlegungen zu empirischen Untersuchungen Anlass gegeben, und diese wieder zu neuen theoretischen Betrachtungen geführt haben. So hoffe ich denn auch von der vorliegenden Schrift, dass sie ermöglichen wird, neue Messungsreihen von verbesserten Gesichtspunkten aus zu unternehmen. Ein Rückblick auf die letzten Arbeiten auf diesem Gebiete wird deshalb zum Schluss wohl am Platze sein.

Es ist bekannt, dass de Lucy[1]) Untersuchungen über das Verhältniss $\frac{F}{P}$ bei Insekten, Vögeln und Fledermäusen angestellt hat und als merkwürdiges Resultat eine Abnahme dieses Verhältnisses mit zunehmendem Körpergewicht fand. Harting[2]) hat diese Thatsache „ihrer Sonderbarkeit entkleidet", indem er zeigte, dass „das, was de Lucy durch mühsame Messungen erfuhr, nichts anderes ist, als eine Consequenz der aus der Anschauung Jedem bekannten Thatsache, dass im Grossen und Ganzen eine gewisse geometrische Aehnlichkeit zwischen den Körpern grosser und kleiner Flieger besteht" (Reichel und Legal).

Harting selbst und nach ihm Marey[3]) haben statt dessen

---

[1]) de lucy, Du vol chez les oiseaux, les chéiroptères et les insectes. Presse scientifique des deux mondes. 1865. tome I. pg. 581.

[2]) Harting, Archives néerlandaises. t. IV, pg. 33.

[3]) Marey, La machine animale pg. 234.

das Verhältniss $\frac{F^{1/2}}{P^{1/3}}$ oder ein gleichwerthiges ermittelt als Ausdruck der relativen Flügelgrösse.

Es ist nicht zu bezweifeln, dass die genannten Autoren den vom Flügel erzeugten Widerstand als hauptsächlich massgebend angesehen haben. Derselben Ansicht waren auch Reichel und Legal, die neben vielen anderen Beziehungen auch die in Rede stehende untersucht haben [1]).

Mouillard [2]) und Müllenhoff [3]) glauben dem gegenüber einen grossen Fortschritt gemacht zu haben, indem sie nicht bloss die Ausdehnung der Flügelflächen, sondern der ganzen, beim Schweben als Drachenfläche wirkenden Unterfläche von Rumpf und Flügel als die für den Flug massgebende Flugfläche ansehen. Mouillard untersuchte das Verhältniss dieser Drachenfläche, die wir mit D bezeichnen wollen, zum Körpergewicht, also $\frac{D}{P}$ und fand natürlich, wie de Lucy für $\frac{F}{P}$, im Allgemeinen eine Verkleinerung des Quotienten bei wachsendem Körpergewicht.

Müllenhoff berechnete das Verhältniss $\frac{D^{1/2}}{P^{1/3}}$ und bezeichnet es als Segelvermögen $= \sigma$. Sicher sind seine ausserordentlich zahlreichen Messungen als Material zur Beurtheilung eines bestimmten Verhältnisses von dem grössten Werth; auch kann man sehr wohl die Thiere nach dieser Segelgrösse klassificiren, so gut als nach irgend einer andern Beziehung.

Auch kann man diese relative Grösse der Drachenfläche insofern als ein Mass für die Fähigkeit zum Segeln ansehen, als Thiere von gleichem Körpergewicht je nach der relativen Grösse von D mit grösserer oder geringerer Oeconomie zu schweben im Stande sind, und als es wahrscheinlich ist, dass sie es je

---

[1]) P. Reichel und E. Legal, Ueber die Beziehungen der Grösse der Flugmuskulatur sowie der Grösse und Form der Flügelfläche zum Flugvermögen und über die Aenderung dieser Beziehungen bei Aenderung des Körpergewichtes.

(Bericht der naturwiss. Sect. d. Schlesischen Ges. f. vaterländ. Cultur 1879).

[2]) Mouillard, L'empire de l'air. Essai d'ornithologie appliqué à l'aviation. Paris 1881.

[3]) Müllenhoff, Die Grösse der Flugflächen. Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. XXXV. 1884.

nachdem häufiger oder weniger häufig zu thun pflegen. Doch hängt letzteres auch noch von der disponibeln Muskulatur ab. Bei verschieden schweren Thieren aber kann das Verhältniss $\frac{D^{1/2}}{P^{1/3}}$ genau dasselbe sein, und doch wird das eine Thier mit Vortheil und häufig, das andere aber selten schweben. In der That wenn man die Tabelle II von MÜLLENHOFF aufmerksam durchgeht, wird man finden, dass die Gewohnheit zu schweben durchaus nicht etwa mit steigendem σ regelmässig zunimmt; viel mehr wäre dies der Fall, wenn die Thiere nach σP oder vielleicht nach $\sigma . P^{1/6}$ geordnet wären. Um aber über die ganze Flugfähigkeit Aufschluss zu geben, dafür ist σ ebenso wenig als etwa das Verhältniss $\frac{F^{1/2}}{P^{1/3}}$ für sich allein geeignet, da jene Fähigkeit auch noch von anderen Umständen abhängt; auch enthält die Drachenfläche zwei verschiedene Theile, welche beim Fliegen vermittelst Flügelschlägen von recht verschiedener Bedeutung sind. So ist denn MÜLLENHOFF bei seiner Classification der Vögel nach dem Segelvermögen gezwungen, auch noch anderen Verhältnissen, z. B. der relativen Grösse der Brustmuskulatur, der relativen Flügellänge und der Klafterbreite Rechnung zu tragen.

MÜLLENHOFF erhebt gegen REICHEL und LEGAL auch noch den Vorwurf, sie hätten bei der Berechnung der von dem Flügel gegenüber dem Luftwiderstand geleisteten Arbeit die irrige Voraussetzung gemacht, dass der Schlagwinkel und die Schlagfrequenz bei grossen und kleinen Fliegern derselbe sei. Dieser Vorwurf ist ungerechtfertigt.

REICHEL und LEGAL haben der Grösse $\frac{(Fl^2)^{1/4}}{P^{1/3}}$, die sie als Flügelziffer bezeichnen, „versuchsweise“ eine eben so grosse Bedeutung für das Flugvermögen zugeschrieben als dem Verhältniss der Muskulatur p zum Körpergewicht (s. pg. 21 unten); sie gingen dabei von der Anschauung aus, dass nicht bloss ein grosser, sondern auch ein verhältnissmässig langer Flügel von besonderem Vortheil sei, weil er eine kleinere Winkelgeschwindigkeit zulasse und damit einen kleineren Schlagwinkel erlaube und indem er eine geringere Muskelverkürzungsgeschwindigkeit bei sonst gleichen Verhältnissen möglich mache. Es wird ausdrücklich gesagt (S. 16), dass bei sonst gleichen Verhältnissen der grössere Flügel langsamer, mit kleinerem Schlagwinkel und kleinerer Winkelgeschwindigkeit bewegt werde. Dieser Vortheil ist durchaus nicht

etwa, wie MÜLLENHOFF meint, taxirt nach dem Verhältniss zwischen den Arbeiten, welche die Flügel bei demselben Schlagwinkel und derselben Zeit des Flügelschlages zu leisten vermögen, und der Arbeit, welche geleistet werden muss — in diesem Falle hätte die Flugziffer $= \frac{F.l^2 l}{P^{7/6}}$ gesetzt werden müssen — es ist der Vortheil vielmehr nur dem Verhältniss einer bestimmten Längendimension des Körpers, welche zwischen der „theoretischen" Länge l des Flügels und der Seite eines Quadrates von der Grösse der Flügelfläche zwischen inne liegt, zu der Grösse $P^{1/3}$ proportional gesetzt worden. Setzen wir nämlich

$$a = \sqrt{F} \text{ und } l = m.a, \text{ so ist } \frac{(Fl^2.)^{1/4}}{P^{1/3}} = \frac{a\sqrt{m.}}{P^{1/3}} = \frac{\sqrt{F.}\sqrt{m.}}{P^{1/3}}$$

Diese Darlegung zeigt nun aber, wo der wirkliche Mangel der Aufstellungen von REICHEL und LEGAL liegt; es ist der Vortheil der Flügellänge an sich wahrscheinlich etwas zu hoch angeschlagen worden; dadurch, dass angenommen wurde, es wachse der Vortheil der relativen Flügellänge in gleichem Maasse proportional der Quadratwurzel von m, und proportional der Quadratwurzel des absoluten Werthes der Flügelfläche.

Die Auseinandersetzungen in Cap. 2 und 3 zeigen, dass die Flügellänge kaum von einem so grossen Einfluss ist. Als Flügelziffer würde also vielleicht richtiger der Ausdruck $\frac{(Fl)^{1/3}}{P^{1/3}}$ gewählt werden.

Nach REICHEL und LEGAL hängt nun also die Fähigkeit besser oder schlechter zu fliegen bei Thieren von demselben Gewicht vor Allem ab:

1) von der relativen Mächtigkeit der Flugmuskulatur,
2) von der Form des Flügels: der Quadratwurzel von m,
3) von der Quadratwurzel der relativen Flügelgrösse,

sie ist also $= f\left(\frac{p.}{P}\frac{(Fl)^{1/4}}{P^{1/3}}\right) =$ Flugziffer. Wirklich stimmen hiermit die Befunde gut überein. Es zeigt sich nun aber bei der Berechnung desselben Verhältnisses für Thiere von verschiedenem Gewicht, dass dieses Verhältniss hier durchaus nicht mehr vollkommen parallel läuft dem Grade der Flugfähigkeit nach gewöhnlichem Begriff.

Die beiden Autoren haben dies nicht übersehen, wie nach MÜLLENHOFF's Kritik (pg. 416) ihrer Arbeit vermuthet wer-

den müsste; sie haben im Gegentheil aus ihren zahlreichen und sehr mühsamen Beobachtungen den Schluss gezogen, dass obiger Quotient mit zunehmendem Körpergewicht wachse, während die wirkliche Fähigkeit zu fliegen nicht grösser werde; dass also entweder die relative Muskelmenge oder die Flügelziffer (relative Grösse oder Länge des Flügels oder beides) etwas zunehmen müsse, damit bei gösseren Thieren ein gleich schneller und gewandter Flug möglich ist, wie bei kleineren.

Wenn nun auch die genaue Taxation der Flugleistungen etwas Missliches ist, so ist doch dieses Resultat bemerkenswerth, zumal da von den grösseren Fliegern meist nicht verlangt wurde, dass ihre absoluten Geschwindigkeiten wie $P^{1/6}$ wachsen, sondern nur dass diese ungefähr gleich bleiben.

Besonders lehrreich ist die folgende Zusammenstellung (S. 26):

Thierart:	Gewicht:	Flugziffer:
Sterna	53	1,7693
"	116	2,666
"	174	3,287
Vanellus	190	2,772
"	232	2,927
Limosa	208	1,4874
"	220	1,5317
"	227	1,5545
"	235	1,8524
Pandion haliaët.	1950	2,95214
Aquila. haliaëtos	3055	3,2751
Perdix	320	0,4165
"	375	0,4835
Charadrius	170	1,3655
" pluv.	190	1,5786
Tringa	49,5	1,0952
"	120	1,1797
Anas	606	0,98307
"	1116	1,5549
Larus argent.	842	1,7426
" "	1035	1,7077
" "	1080	1,8726
" "	1225	2,1477

Die Tafeln, welche die verschiedenen von Reichel und Legal untersuchten Verhältnisse in ihrer Abänderung übersichtlich vorführen und leider ihrem Aufsatze nicht beigedruckt sind, befinden sich in meinem Besitz; sie sind nach demselben Princip hergestellt, welches nachher von Müllenhoff in noch correkterer

Weise angewandt worden ist. Zur Ermittelung der zuletzt erwähnten Resultate z. B. sind links am Rand der Tafel die Thiere nach ihren Gewichten geordnet, oben am Rand aber nach dem Verhältniss der Flugziffer. Von den 2 Stellen in den beiden Colonnen, wo dasselbe Thier vertreten ist, gehen eine horizontale und eine verticale Linie aus, erstere gleichsam als Abscisse und Mass des Quotienten Q, letztere als Ordinate, entsprechend dem Körpergewicht. Die Stelle, wo die Linien zusammentreffen, stellt den Ort des Thieres in dem Diagramm dar. Es fehlt nur, dass die Abstände in den Colonnen genau proportional den Unterschieden im Werth von P und Q gemacht sind. Solches wäre nöthig, wollte man, wie Müllenhoff es versucht hat, feststellen, nach welchem mathematischen Verhältniss die eine Grösse bei der Aenderung der andern sich ändert. Die Thatsache und der Sinn der Aenderung aber konnte auch an den Tafeln von Reichel und Legal festgestellt werden.

Aus den Messungen von Reichel und Legal über das Gewicht der Muskeln geht hervor, dass im Grossen und Ganzen die Menge der Muskulatur im Verhältniss zum Körpergewicht bei wachsendem Körpergewicht eher etwas ab- als zunimmt[1]); bei ungefähr gleich grossem Flugvermögen würden daher die grösseren Flieger wesentlich durch einen relativ grösseren Flügel ausgezeichnet sein (R. u. L. pg. 28).

Dieser Befund stimmt mit dem von uns theoretisch Erschlossenen (pg. 409) überein. Ferner zeigte sich, dass die Hebemuskeln des Flügels mit zunehmendem Körpergewicht relativ kleiner werden. Der von den beiden Autoren geltend gemachte Erklärungsgrund (seltenere Hebung des Flügels) ist nicht von der Hand zu weisen, insbesondere wenn man berücksichtigt, dass dadurch die nöthige Zeit gewonnen wird, um den Widerstand der Luft zur Hebung mit zu benutzen (s. pg. 372 dieser Abh.).

Die fleissigen Untersuchungen von Reichel und Legal wurden in dem Breslauer anatomischen Institute angestellt, wo auch meine eigenen Studien über die Flugbewegung wesentliche Förderung erfahren haben.

---

[1]) Untersuchungen über diesen Punkt sind auch schon von Harting und Marey angestellt worden.

Schlusswort.

Das folgende ausführliche Inhaltsverzeichniss wird am besten geeignet sein, uns den Gang der Untersuchung ins Gedächtniss zurückzurufen. In den Vorbemerkungen und in den zwei ersten Hilfstheilen der Schrift war das Hauptaugenmerk darauf gerichtet, das Wechselspiel der äusseren und inneren Kräfte beim horizontalen Normalfluge in allen seinen Theilen zu verfolgen. Es wurde gezeigt, wie aus der Form der Bewegung auf die äusseren und inneren Kräfte geschlossen werden kann. Es gelang, die resultirende Einwirkung sämmtlicher inneren Kräfte, welche die Stellung des Flügels zum Rumpfe zu ändern streben, durch die Kraft $G_{\mu tg}$ in der ε-Tangentenebene zu ersetzen und zu berechnen und die resultirende Arbeitsleistung der inneren Kräfte am Schultergelenk (exclusive Reibungsarbeit und incl. die an den passiven Hemmungsapparaten der Flügelexcursion geleistete Arbeit) zu ermitteln. Die unentbehrliche Grundlage für derartige Untersuchungen bildet aber eine genaue Kenntniss der Form der Bewegung. Es wurde gezeigt, wie viel hier der Forschung noch zu thun übrig bleibt. Im dritten Haupttheil wurde zunächst wahrscheinlich gemacht, dass die Muskelmenge der Muskelarbeit bei der gebräuchlichsten Thätigkeit proportional ist, indem Querschnitt und Länge des Muskels nicht bloss der einmaligen Leistung von Spannung und dem Totalbetrag der einmaligen Excursion angepasst, sondern auch von den zeitlichen Verhältnissen der Spannungen und der Excursion (Excursionsgeschwindigkeit der Endpunkte) beeinflusst sind, und indem auch in den Anordnungsverhältnissen der Muskeln und in der Art ihrer Betheiligung an der Aktion ein Princip der Oeconomie Geltung haben kann. Dass eine solche Oeconomie wirklich besteht, wurde durch einige Thatsachen (Arbeitssammlung, Circumductio des Flügels) wahrscheinlich gemacht; ob auch sie durch Anpassung an die Funktion zu Stande kommen kann, und wie weit solches der Fall ist, wurde nicht weiter in Erwägung gezogen.

Es gelang nun mit Hülfe dieser Voraussetzungen eine grosse Reihe von Beziehungen aufzuklären: den Einfluss der Abänderung des Schlagwinkels, der Zeit T, t und τ, der Form und der Grösse des Flügels auf die Muskelarbeit und den Bedarf an Muskelmenge; die Verhältnisse der Arbeitsleistung bei verschiedenen Horizontalgeschwindigkeiten, beim Steigen, beim Schweben und Kreisen; endlich

den Einfluss des Körpergewichtes auf die Flugweise, auf das Verhältniss der Muskelarbeit und Muskelmenge zur Flugleistung, auf die Eigenschaften der Muskelsubstanz und auf die Anordnungsverhältnisse von Muskeln und Skelet.

Die Erfahrung: Quo minora sunt animalia, eo majores faciunt saltus, welche Borelli registrirt und zu erklären versucht hat, für welche aber erst das Helmholtz'sche Theorem ein volles Verständniss anbahnte, sie gilt auch für den Flug der Vögel und konnte mit Hülfe der genannten Voraussetzungen von mir eingehender begründet werden.

Ich habe in den letzten Abschnitten meiner Schrift Manches nur angedeutet, was bereits jetzt weiter hätte ausgeführt werden können. Ein Mehreres aber muss durch besondere Untersuchungen weiter verfolgt und erhärtet werden. Dies gilt besonders für die Abänderungen in der Qualität und den Anordnungsverhältnissen der Muskulatur, je nach dem Bau, dem Gewicht und den Leistungen des Apparates. Es wird in Zukunft nicht mehr genügen, bei vergleichend physiologischen Untersuchungen über das Muskelsystem einzelne Verhältnisse, z. B. die absolute Muskelkraft für sich allein in Betracht zu ziehen. Neue Wege der Forschung sind uns vorgezeichnet, schwieriger zwar zu begehen, aber zu lohnenderem Ausblick führend.

Inhaltsübersicht.

Vorbemerkungen.

I. Die Form der Bewegung.

II. Das Wechselspiel der Kräfte.

Einleitung.

III. Die nothwendige Menge und Vertheilung der Muskulatur.

Ueber einige neue Zoantheen.

Ein Beitrag zur anatomischen und systematischen Kenntnis der Actinien.

Von **Dr. August Erdmann.**

Hierzu Tafel IV und V.

Auf die Bedeutung der anatomischen Verhältnisse, besonders der Septenstellung, für die Systematik der Actinien haben zuerst R. und O. Hertwig [1]) in ihren „Actinien" hingewiesen. In diesem Werk, das die Actinien besonders in anatomischer und histologischer Hinsicht behandelt, sind ausserdem einzelne Arten beschrieben, zusammengestellt und unter gemeinsame Gesichtspunkte gebracht; eine umfassende Classification war jedoch wegen Mangels an Material nicht möglich. Erst ganz neuerdings hat R. Hertwig [2]), gestützt auf das ihm zur Bearbeitung übergebene Actinienmaterial der Challengerexpedition, ein System der Actinien aufgestellt. Er gründet dasselbe in erster Linie auf den Bau und die Anordnung der Septen und gelangt hierbei zu sechs wohlbegrenzten Tribus, zu deren weiterer Einteilung in Familien dann die übrigen anatomischen Eigentümlichkeiten herangezogen werden.

Von den aufgestellten grossen Gruppen wird die fünfte von der der Zoantheen gebildet. Wie die bisherigen Einteilungen der Actinien, da sie auf nur unbedeutende, äusserliche Merkmale fussten, alle eine klare Definition ihrer Unterglieder vermissen liessen, so entbehrte auch die Abteilung der Zoantheen gänzlich einer festen Abgrenzung. Bei Milne Edwards [3]) bildet sie die letzte der fünf Unterfamilien der Familie der Actinien und begreift in sich coloniale, festsitzende Formen, die sich durch basale Knospung vermehren und eine mit Sandkörnern incrustierte Hülle haben. Ganz mit Recht verwarf Gosse [4]) in seinem System das Erfordernis der Sandincrustation, da typische Zoantheen gänzlich frei von Einlagerungen sind. Indessen ist auch die coloniale Lebensweise nicht einmal massgebend. Steenstrup [5]) beschrieb

---

[1]) R. u. O. Hertwig: Die Actinien. Jena 1879.

[2]) R. Hertwig: Die Actinien d. Challengerexpedition. Jena 1882.

[3]) Milne Edwards: Hist. nat. des Corall. Paris 1857.

[4]) Gosse: Actinologia britannica.

[5]) Steenstrup: Konigl. Danske Vidensk. Selscabs Forhandl. 1856.

F

po

st

coe

Fi

Fig.

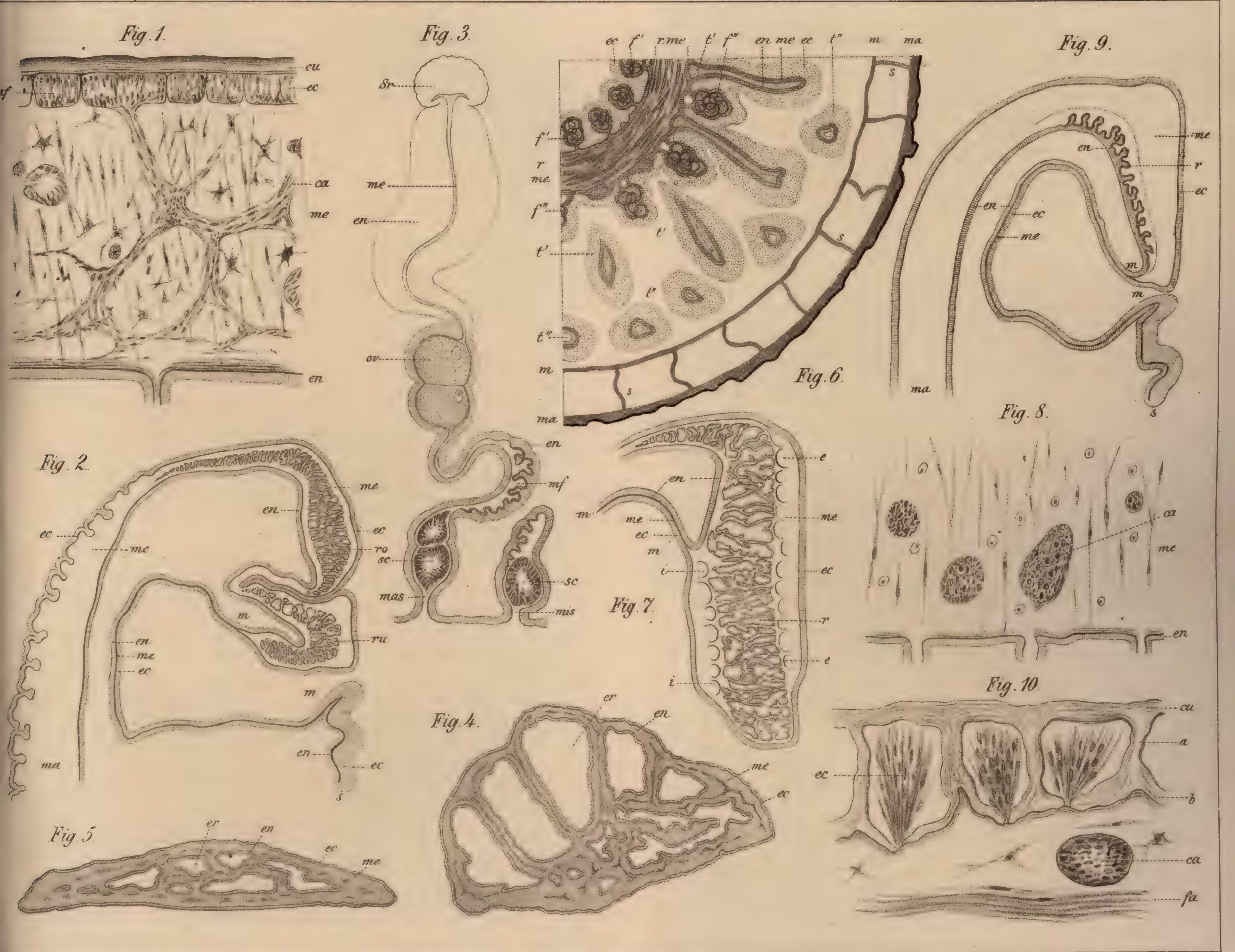
Erdmann

a



g. Erdmann del. Verlag v. Gustav Fischer, Jena Lith. Anst. v. A. Giltsch, Je





Aug. Erdmann del. Verlag v. Gustav Fischer, Jena. Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

im Jahre 1856 unter dem Namen Sphenopus marsupialis eine einzellebende Actinie, welche in ihrem anatomischen Verhalten den Zoantheen sehr nahe steht. Dem EDWARDS'schen System zu Liebe ist dieses interessante Tier vielfach andern Familien untergeordnet worden, bis endlich R. HERTWIG [1]) die unverkennbare Zoantheennatur des Sphenopus nachwies.

Wie bei den Actinien überhaupt, drängt sich auch bei den Zoantheen immer wieder die Ueberzeugung auf, dass eine bestimmte, keine Ausnahme zulassende Definition nur auf Grund der Septenstellung zu geben ist. Das Verdienst, die bei den Zoantheen herrschende Septenanordnung zuerst richtig erkannt zu haben, gebührt G. v. KOCH [2]), der an der Palythoa Axinellae die so characteristische Stellung der Scheidewände nachwies. Seine Beobachtungen sind darauf von R. HERTWIG [3]) an anderen Formen bestätigt worden, und ganz kürzlich hat G. MÜLLER [4]) der Morphologie der Scheidewände bei den Zoantheen eingehende, die gewonnenen Befunde bestätigende und erweiternde Untersuchungen gewidmet.

Während bei den Actinien im Allgemeinen die Septen eines Paares gleiche Grösse und gleichen Bau in Bezug auf Mesenterialfilamente und Geschlechtsorgane zeigen, unterscheidet man bei den Zoantheen zwei Arten von Septen:

1. grössere, Mesenterialfäden und Geschlechtsorgane führende, fertile Macrosepten, welche, da sie dem Schlundrohr in seiner ganzen Länge ansitzen, als „vollständig" zu bezeichnen sind;

2. kleinere, der Mesenterialfäden und Geschlechtsorgane entbehrende, sterile Microsepten, welche das Schlundrohr nie erreichen und daher „unvollständig" genannt werden müssen.

Je ein Macroseptum und ein Microseptum bilden ein Paar, d. h. sie kehren sich ihre homologen Seiten, die Seiten ihrer longitudinalen Muskeln zu. Solcher Paare sind zahlreiche vorhanden. Nur zwei Paare lassen eine andere Anordnung ihrer Muskeln erkennen, es sind dies die beiden einander opponierten, sog. Richtungsseptenpaare, welche ihre Longitudinalmuskeln auf abgewandten Seiten tragen.

Von der biradial-symmetrischen Grundform der Actinien

---

[1]) R. HERTWIG: loc. cit.

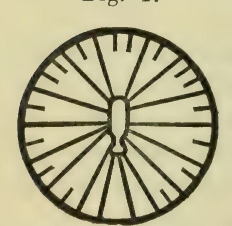
[2]) G. v. KOCH: Palythoa Axinella. Morph. Jahrb. 1880.

[3]) R. HERTWIG: loc. cit.

[4]) G. MÜLLER: Morphol. der Scheidewände bei einigen Palythoa und Zoanthus. Inaug.-Dissert. Marburg 1883.

weichen die Zoantheen (mit ihnen die Monauleen) dadurch ab, dass sie den bilateral-symmetrischen Typus geltend machen. Das Schlundrohr besitzt zunächst nur eine Schlundrinne; alsdann besteht das, an dem durch letztere bezeichneten Ende der Sagittalaxe — dem ventralen Pol — gelegene Richtungsseptenpaar nur aus Macrosepten, während am entgegengesetzten Ende der Sagittalaxe — dem dorsalen Pol — das Richtungsseptenpaar nur Microsepten führt; letztere bezeichnen somit die der Schlundrinne entbehrende Seite des Schlundrohrs. Von den beiden einander opponierten Richtungsseptenpaaren ausgehend, gruppieren sich die übrigen, aus Macro- und Microseptum bestehenden Paare nach dem Princip, dass sie das Macroseptum den benachbarten Richtungssepten zu-, das Microseptum ihnen abwenden. Wenn nun noch hinzugefügt wird, dass die Zahl der Paare, die ihr Macroseptum den dorsalen Richtungssepten zuwenden, jederseits constant zwei beträgt, während die Anzahl der Paare, die sich jederseits mit zugewandtem Macroseptum um die ventralen Richtungssepten gruppieren, eine nach dem Alter des Polypen verschiedene ist, so ist es leicht, sich ein Bild, wie es ein Querschnitt durch die Schlundrohrgegend z. B. eines Zoanthus repräsentiert, darzustellen. Den Complex der Septenpaare, welche ihr Macroseptum dorsalwärts kehren — ihre Zahl ist mit dem dorsalen Richtungsseptenpaar constant fünf — kann man als die dorsale Zone, die Masse aller übrigen Paare — ihre Zahl ist eine schwankende — als die ventrale Zone bezeichnen. Beide Zonen stossen dem angegebenen Anordnungsprincip gemäss jederseits mit Microsepten zusammen; die Grenze beider würden demnach zwei Radien, welche zwischen diesen aufeinanderstossenden Microsepten hindurchgehen, bezeichnen.

Fig. 1.



Die beschriebene Septenanordnung lässt eine geringe, jedoch für die Systematik der Zoantheen sehr wichtige Modification zu. Bei einem Teil unserer Polypen bestehen nämlich die an die ventrale Zone stossenden Paare der dorsalen Zone nur aus Macrosepten, so dass die Septenstellung z. B. eines Epizoanthus sich nach folgendem Schema regeln würde. Zur Unterscheidung wollen wir den zuerst beschriebenen Typus als „Microtypus“ der zweiten Anordnung als „Macrotypus“ gegenüberstellen,

Fig. 2.



welche Bezeichnung sich durch die Verschiedenheit der erwähnten dorsalen Paare rechtfertigt.

Sehr bezeichnend für die Zoantheen ist der Entstehungsprocess der Septen. Während bei den übrigen Actinien (excl. Cerianthidae) jedes Zwischenfach befähigt ist, in sich neue Septenpaare zu bilden, treten bei den Zoantheen nur zwei Interseptalfächer als Bildungsheerde neuer Scheidewände auf. Es sind dies die beiden, den ventralen Richtungssepten benachbarten Zwischenfächer. In diesen werden, wie nachher ausführlicher gezeigt werden soll, stets neue Paare, die aus einem Macro- und einem Microseptum bestehen, angelegt und zwar nach dem Princip, das Macroseptum den Richtungssepten zuzukehren. Ich begnüge mich vorläufig mit der Feststellung dieser aus Beobachtungen gewonnenen Thatsache; die sich leicht ergebende Folgerung für die Entwickelungsgeschichte möge am Schluss folgen.

Die angeführten Verhältnisse des Baues und der Anordnung der Septen sind so eigentümlich und bezeichnend, dass sie zur Abgrenzung der Zoantheen gegen die übrigen Actinien völlig genügen. Alle anderen Eigentümlichkeiten sind von geringerer Bedeutung; dennoch geben manche von ihnen sehr verwertbare Merkmale für die weitere Einteilung unserer Polypen ab. Sie mögen zur Vervollständigung der allgemeinen Schilderung kurz erwähnt werden.

Die Zoantheen sind entweder freilebend oder zu Colonieen vereinigt. Diese Verbindung geschieht auf verschiedene Weise. Entweder hängen die Tiere durch schmale, von ihrer Basis ausstrahlende, sich verzweigende Stolonen zusammen; oder sie sitzen einem mehr oder wenig flächig ausgebreiteten Coenenchym in grösseren oder kleineren Zwischenräumen frei auf; oder endlich es sind die Polypen einem gemeinsamen Coenenchym bis oben hin eingesenkt, so dass sie der Länge nach verwachsen scheinen. — Bei allen colonialen Zoantheen ist das Coenenchym, wie beschaffen es auch sein mag, von grossen, mit Entoderm ausgekleideten Verbindungsröhren (Taf. V Fig. 4 und 5 *er*) durchzogen. Dieselben stehen direct mit dem Polypeninnern in Verbindung, indem sie von der Basis des Gastralraumes ausgehen und so ein sich über die ganze Colonie erstreckendes System communicierender Canäle darstellen. — Im natürlichen Zustande bildet die Mundscheibe den oberen Verschluss; in ihrer Mitte liegt die spaltenähnliche Mundöffnung, welche den Eingang in das nach unten hängende Schlundrohr und weiter in den Gastralraum bildet. Die an der Mundscheibe da, wo diese am Mauerblatt inseriert, angebrachten

Tentakel sind stets in zwei Kreisen alternierend angeordnet, dergestalt, dass die Tentakel des einen Kreises mit den Interseptalfächern (Zwischenfächern) die Tentakel des anderen Kreises mit den Intraseptalfächern (Binnenfächern) communicieren. Die Zahl der Tentakel ist stets gleich der Summe der Binnen- und Zwischenfächer oder, was dasselbe heisst, gleich der Anzahl der Septen. — An den contrahierten Tieren (Taf. V Fig. 2 u. 9) ist das obere Mauerblatt nicht nur nach der Axe zu umgebogen, sondern auch eine Strecke weit in das Innere eingeschlagen, so dass in diesem Zustande die Mundscheibe (*mm*) mit den Tentakeln, sowie das Schlundrohr (*ms*) völlig im Innern geborgen sind. In dem nach innen eingeschlagenen Teil liegt ein für die Classification der Zoantheen sehr wertvolles Organ, nämlich der Ringmuskel oder Sphincter. Derselbe kommt allen Zoantheen, soweit sie bis jetzt daraufhin untersucht sind, zu und ist entweder entodermal (diffus) oder mesodermal. Ein Ringmuskel ist entodermal, wenn er allein durch starke Einfaltung der entodermalen Muskellamelle gebildet wird; auf Längsschnitten giebt sich ein solcher Sphincter als zackige oder auch geweihartige Vorsprünge, die vom Mesoderm ausgehen, zu erkennen (Taf. V Fig. 9 *r*). Ein mesodermaler Ringmuskel wird gebildet von rings geschlossenen Muskelbündeln, welche, ins Mesoderm gerückt, sich hier, indem sie sich unregelmässig ausbuchten und verzweigen, zu einem meist mächtigen Muskelcomplex zusammenlegen, der im Mauerblatt eine deutliche Verdickung hervorruft und stets so gelagert ist, dass er vom entodermalen und ectodermalen Epithel gleichweit entfernt liegt (Taf. V Fig. 2 *ro*, *ru*; Fig. 7 *r*). — Das Mesoderm der Zoantheen ist, wie sich das unter den Actinien nicht wieder findet, von eigentümlichen, mit Zellen vollgepfropften Höhlungen erfüllt. Während dieselben bei den einen Formen in ihrer scharfbegrenzten Abgeschlossenheit verharren (Taf. V Fig. 8 *ca*), können sie sich andrerseits verzweigen und anastomosieren, bis sie schliesslich ein das ganze Mesoderm durchsetzendes System enger Canäle repräsentieren (Taf. V Fig. 1 *ca*). Wie die Beobachtungen ergeben, sind diese Höhlungen und Canäle des Mesoderms stets ectodermalen Ursprungs. Als ebenso allgemein verbreitete Einlagerungen des Mesoderms verdienen erwähnt zu werden feine, meist radiär, d. h. vom Entoderm zum Ectoderm verlaufende Fasern, die mit Kernen ausgestattet sind und ganz das Aussehen von Muskelfasern haben (Taf. V Fig. 1 u. 8). Ausserdem birgt das Mesoderm zahlreiche, entweder rundliche oder sternförmige, mit feinen Ausläufern ver-

sehene, kernhaltige Bindegewebskörper. — In den meisten Fällen ist das Integument mit Fremdkörpern incrustiert. Dieselben finden sich als unregelmässige Sand- oder Kalkkörner, Spongiennadeln, Foraminiferen- oder Radiolarienschalen etc. entweder nur der äusseren Zone des Mesoderms eingelagert, oder sie durchsetzen dasselbe in seiner ganzen Dicke. Andrerseits giebt es auch Formen, die von Einlagerungen gänzlich frei sind und ein weiches, fleischiges Integument besitzen.

Die Mesenterialfäden zeigen überall einen ziemlich übereinstimmenden Bau. In ihrem untersten Teile enden die Macrosepten gerade wie die Microsepten frei; erst in einiger Höhe von der Polypenbasis verbreitert sich die Stützlamelle der ersteren an ihrem inneren Rande keulen- oder T förmig, und auf diesem verbreiterten Ende bildet sich das Epithel zu einem Drüsenbeleg um. Dieser unpaare Drüsenstreif stellt in der unteren Hälfte des Polypen allein das Mesenterialfilament dar. In mittlerer Höhe tritt dann ein paariger Flimmerstreif hinzu. Dieser liegt am Septum mehr nach aussen, d. h. dem Mauerblatt genähert; er entsteht dadurch, dass sich das Epithel auf zwei seitlichen, flügelartigen Abzweigungen der Mesodermlamelle zu einem hohen Flimmerbesatz umwandelt. Dieser dehnt sich in der Nähe des Schlundrohrs nach der Polypenaxe zu immer mehr aus, bis er schliesslich auch den Drüsenstreif verdrängt hat. So bleibt in der Höhe des Schlundrohrs ein beide Seiten der Mesodermlamelle einnehmender Flimmerstreif übrig, der nach der Axe zu eine Strecke weit vom Schlundrohr aufhört, um das Septum frei an diesem inserieren zu lassen. Bemerkenswert ist, dass dieser Flimmerbesatz auf Längsschnitten in regelmässigen Intervallen zierlich eingekerbt erscheint.

Was endlich die Geschlechtsverhältnisse der Zoantheen betrifft, so finden sich bei ihnen sowohl ausgesprochene Hermaphroditen, als auch gonochoristisch ausgebildete Formen. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung, die bei den Zoantheen allgemein verbreitet ist, beruht auf Knospung, welche nur in seltenen Fällen seitlich am Individuum, allermeist jedoch am Coenenchym auftritt. Indem letzteres beiderseits vom Ectoderm begrenzt ist, sein Mesoderm aber von den entodermalen Verbindungsröhren durchzogen ist, braucht sich nur eine kreisförmig umschriebene Stelle der oberhalb der Gefässe liegenden Coenenchymschicht nach aussen vorzuwölben, um eine junge Knospe, welche die drei den Polypen constituierenden Schichten in der erforderlichen Aufeinanderfolge enthält, darzustellen.

Um schliesslich von der *Einteilung* der Zoantheen zu sprechen, so empfiehlt sich zunächst die von Gray[1]) vorgenommene Trennung in einzellebende und coloniale Formen; Hertwig[2]) bezeichnet diese als *Zoanthiden*, jene nach ihrem bekanntesten Vertreter als *Sphenopiden*. Von letzteren sind noch zu wenig Formen untersucht, um eine weitere Einteilung zuzulassen. Bei der Frage nach der Classification und Benennung der Zoanthiden stellen sich, wenn man sich auf die vorhandenen Autoritäten stützen will, nicht geringe Schwierigkeiten in den Weg. Fast jeder, der die Zoanthiden systematisch bearbeitet hat, giebt eine andere Einteilung; so hat man zwar die Wahl unter einer Menge von Systemen, von denen aber keines, da sie alle auf mehr oder weniger unbedeutende, äusserliche Merkmale gegründet sind, befriedigen kann. Verrill[3]), dessen Einteilung unter den vorhandenen noch die beste, scheidet die colonialen Zoantheen in vier Gattungen:

Zoanthus	Integument weich	Coenenchym bildet schmale Stolonen
Mammilifera		Coenenchym stolonenartig mit Tendenz zur Lamellenbildung
Epizoanthus	Integument incrustiert	Coenenchym lamellös, Polypen frei
Palythoa		Polypen dem Coenenchym bis oben hin eingesenkt.

Zunächst muss ich die Unklarheit der Verrill'schen Definitionen hervorheben, nach welchen z. B. zwischen Zoanthus und Mammilifera absolut keine scharfe Grenze zu ziehen möglich ist. Nachdem er das lamellöse Coenenchym als Characteristicum für Mammilifera angegeben hat, gesteht er selbst zu: „that this character is not invariable even in the same species“. Beide Gattungen sind allerdings äusserlich sehr ähnlich und kaum auf äussere Merkmale hin zu trennen; jedoch liefert in diesem Falle der Ringmuskel ein ungemein scharfes Unterscheidungsmoment. Zoanthus nämlich besitzt einen mesodermalen, doppelten, d. h. aus zwei hintereinanderliegenden Portionen bestehenden Sphincter (Taf. V Fig. 2), während derselbe bei Mammilifera als ein ungeteiltes Ganze im Mauerblatt verläuft (cf. Taf. V Fig. 7). — Alsdann nimmt Verrill unter Epizoanthus zwei Formen auf, die selbst äusserlich eine unverkennbare Verschiedenheit aufweisen. Die eine

[1]) Proceed. Zool. Soc. 1867 pag. 236.
[2]) R. Hertwig: loc. cit.
[3]) Transact. Conn. Acad. Vol. I.

besitzt ein lamellöses, zusammenhängendes, das Substrat meist ganz oder doch auf weite Strecken überziehendes Coenenchym, während der anderen Form ein nur gering ausgebildetes, band- oder zungenförmiges Coenenchym eigentümlich ist. Noch vielmehr aber ergiebt sich die Unmöglichkeit einer Vereinigung beider Gruppen aus anatomischen Gründen. Die eine Form führt nämlich einen deutlich mesodermalen Ringmuskel (Taf. V, Fig. 7), während die andere — wie sich das unter den Zoantheen nicht wieder findet — einen ausgesprochenen entodermalen Sphincter aufweist (Taf. V Fig. 9). Dieserhalb möchte ich unter der Gattung Epizoanthus eine Trennung einführen und für die Arten mit lamellös ausgebreitetem Coenenchym und mesodermalem Ringmuskel den Namen Epizoanthus beibehalten, dagegen für die Arten mit band- oder zungenförmigem Coenenchym und entodermalem Ringmuskel die ihr gebührende Bezeichnung Palythoa wählen. Für die VERRILL'sche Gattung Palythoa würde ich dann die alte, zuerst von LESUEUR[1]) angewandte Benennung Corticifera wieder einführen. Inwieweit diese Neuerung berechtigt und das von mir vorgeschlagene System ein vollständiges und klares und durch die anatomischen Verhältnisse begründetes ist, wird am besten aus einer übersichtlichen Zusammenstellung der fünf Gattungen mit ihren unterscheidenden Merkmalen hervorgehen.

Familie Zoanthidae.

Genus	Septenstellung	Ringmuskel	Coenenchym	Integument	Geschlechtsorgane
Zoanthus	Microtypus	mesodermal doppelt	Stolonen	weich	hermaphroditisch
Mammilifera	Microtypus	mesodermal einfach	stolonenartig mit Tendenz zur Lamellenbildung	weich	?
Epizoanthus	Macrotypus	mesodermal einfach	zusammenhängend, lamellös	incrustiert	gonochoristisch
Palythoa	Macrotypus	entodermal	band- oder zungenartig	incrustiert	gonochoristisch
Corticifera	Microtypus	mesodermal einfach	Polypen des Coenenchym bis oben hin eingesenkt	incrustiert	?

[1]) LESUEUR: Observ. on sev. spec. of Actinia. Acad. of Philadelphia Vol. I.

Die mir zur Verfügung stehenden Arten bilden einen Teil des Herrn Prof. Hertwig von der englischen Regierung zur Bearbeitung übergebenen Actinienmaterials. Zur bedeutenderen Mehrzahl stammen sie von der grossen, während der Jahre 1873 bis 1876 ausgeführten Challengerexpedition; nur wenige, besonders bezeichnete Arten rühren von einer der kleineren, späteren wissenschaftlichen Unternehmungen, und zwar von der Expedition, welche im Jahre 1882 von H. M. S. „Triton" ausgeführt wurde. Es war mir eine willkommene Aufgabe, zu der mich Herr Prof. Hertwig aufforderte, die vorhandenen Zoantheenarten zu bearbeiten. Für die Ueberlassung des Materials, sowie für die freundliche Unterstützung, die er dieser Arbeit zugewendet, sage ich Herrn Prof. Hertwig meinen aufrichtigsten Dank!

Erste Familie: Zoanthidae.

Zoantheen, welche durch ein Coenenchym zu Colonieen vereinigt werden.

I. Genus. Zoanthus Cuvier.

Zoanthiden ohne Sandincrustation; das Coenenchym bildet ein stolonenartiges Geflecht, dem die Polypen dicht gedrängt, jedoch frei und unverwachsen aufsitzen; Septenstellung nach dem Microtypus; Ringmuskel mesodermal doppelt; Geschlechtsorgane hermaphroditisch.

1. Species. Zoanthus sp.?

Fig.: Taf. IV 1, 2; V 1, 2, 3, 4, 5.

Mesoderm wohl entwickelt, daher das Mauerblatt dick fleischig, contrahiert stark quergerunzelt, gewölbter Oberteil mit zarten radiären Furchen; an den grösseren Tieren unterscheidet man den unteren verschmälerten „Stiel" vom oberen „Körper"; Colonieen überziehen in flachen Rasen den Meeresboden.

Fundort: Bermudas, Shallow water.

Diese Art scheint mit der von Hertwig in den Challengeractinien beschriebenen übereinzustimmen. Mir stehen zwei etwa halbhandgrosse Colonieen mit je etwa 400 Einzeltieren zur Verfügung. Trotz dieser grossen Anzahl finden sich nur ausgewachsene Polypen vor, deren Länge zwischen 5—25 mm, deren Breite

zwischen 3—5 mm schwankt. Alle Tiere sind stark contrahiert und zeigen in diesem Zustande die Form cylindrischer Schläuche, (Taf. IV Fig. 1), die oben mehr oder weniger gewölbt sind. In der Mitte des den oberen Verschluss bildenden, umgebogenen Mauerblattes ist als eine kaum hervortretende, punktförmige Vertiefung der Eingang in das Innere zu bemerken, von welchem aus zahlreiche zarte Furchen radiär verlaufen. Die Farbe der Polypen ist eine schmutzig braune.

Die Colonie bildet einen flachen Rasen, der den Boden, ein tuffähnliches Gestein, überzieht. Auf demselben finden sich die verschiedensten Grössenstadien nebeneinander, wobei auffällt, dass die grösseren Tiere die tieferen Stellen des höckerigen Substrates einnehmen, was sich aus dem Bestreben der Polypen, der gleichmässigen Nahrungserlangung wegen ihre Mundscheibe mit der ihrer Nachbarn in gleiche Höhe zu stellen, erklärt. Bei den Individuen, welche in den tiefsten Gruben der Unterlage stehen, unterscheidet man deutlich zwei, sowohl äusserlich wie anatomisch scharf unterschiedene Teile. Der eigentliche Körper des Tieres (*po*), dessen Höhe, wie die der übrigen nur 6—10 mm beträgt, ist von dem unteren bis zu 15 mm langen „Stiel“ *(st)* sowohl durch äussere Färbung, welche infolge der bedeutenderen Dicke des Mauerblattes eine dunklere ist, als auch durch grössere Breite scharf abgesetzt. Der untere Schlauch lässt wegen der Dünne des Mauerblattes die Septen durchscheinen und ist daher längsgestreift. Während das Mauerblatt des oberen Teiles stark quergerunzelt ist, ist dasjenige des Stieles völlig glatt; an der Contraction nimmt der letztere also nicht Teil. Zwar gehen die Septen in ihn über, ohne jedoch Mesenterialfäden oder Geschlechtsorgane zu tragen. Dies alles deutet darauf hin, dass dem unteren Teil nur die untergeordnete Bedeutung als Träger zukommt, der dazu dient, die Mundscheibe der tief stehenden Polypen in gleiche Höhe mit der der benachbarten Tiere zu stellen.

Verbunden werden die Einzeltiere durch Stolonen, welche von ihrer Basis nach mehreren Richtungen verlaufen und ein dichtes Geflecht schmaler, dünner Bänder bilden. Dem Substrat fest aufsitzend, können sie nur mit Mühe unverletzt abgetrennt werden. An ihrem Rande wachsen sie unbegrenzt weiter, wobei sie sich mannigfach verzweigen; auf der Oberseite erzeugen sie dann durch Knospung die jungen Polypen als kleine warzige Ausstülpungen und vermehren so mit ihrem eignen Wachstum fortschreitend die Zahl der Polypen. Da das Stolonengeflecht ein sehr inniges ist,

so stehen auch die Polypen sehr gedrängt, an manchen Stellen so eng zusammen, dass sie sich gegenseitig hexagonal abplatten. (Taf. IV Fig. 2).

Das Integument ist weich, lederartig und von Einlagerungen völlig frei; die Körperoberfläche ist daher, abgesehen von der durch die Contraction bedingten Querfaltung, ganz glatt. Das Mauerblatt (Taf. V Fig. 1) ist von ansehnlicher Dicke und besteht aus den drei Schichten Entoderm, Mesoderm und Ectoderm. Das Mesoderm (*m*) ist besonders stark entwickelt und mannigfach differenziert. Es wird gebildet von einer homogenen Grundsubstanz, in welcher als Einlagerungen zu unterscheiden sind: 1. Bindesubstanzzellen, die sich als feinkörnige, sternförmige Plasmakörper mit feinen Ausläufern und deutlichem Kern zu erkennen geben; von ihnen sind manche durch Aufnahme schwarzer Körnchen zu Pigmentzellen umgebildet, welche sich vorzugsweise in der äusseren Zone des Mesoderms vorfinden und die dunkle Farbe des Polypen bedingen; 2. zarte, vom Entoderm beginnende, zum Ectoderm verlaufende und hier verästelt endende Fasern, die in ihrem Verlauf Kerne führen; 3. enge, mit Zellen erfüllte Hohlräume (*ca*), welche sich vielfach verästeln und anastomosieren und so ein das ganze Mesoderm durchsetzendes System abwechselnd breiterer und schmälerer, vorzugsweise circulär verlaufender Canäle darstellen. Die Angabe Hertwig's, dass auf Querschnitten eine Communication dieser Canäle mit dem Ectoderm zu beobachten sei, konnte ich mehrmals bestätigen. Das Ectoderm scheint an solchen Stellen das Mesoderm durchbrochen, sich in demselben verzweigt und die so entstandenen Canäle mit seinen Zellen ausgefüllt zu haben. Das Mesoderm entsendet in das hohe Ectoderm zahlreiche feine Ausläufer (*mf*), welche sich an der, das letztere nach aussen abschliessenden Cuticula mit verbreiterten Enden ansetzen, so dass das Ectoderm von sehr zahlreichen Querbalken aus Bindegewebe durchsetzt wird. Dieselben dienen jedenfalls zur Stütze des zarten Epithels, welches ohne sie durch die mannigfachen äusseren mechanischen Einflüsse unzweifelhaft zerstört werden würde.

Die Cuticula (*cu*) ist stark entwickelt und deutlich faserig.

Der im contrahierten Zustande nach innen eingeschlagene Teil des Mauerblattes birgt einen für Zoanthus characteristischen Sphincter (Taf. V Fig. 2). Derselbe ist mesodermal, d. h. ganz im Mesoderm eingesenkt und besteht aus zwei völlig getrennten Teilen, einer oberen grösseren (*ro*) und einer unteren kleineren Portion (*ru*). Erstere beginnt bereits in dem, im contrahierten

Zustande wagerechten Teile des Mauerblattes; er verbreitert sich dann gegen den Umschlagsrand hin immer mehr, bis er in der Mitte des nach innen eingeschlagenen Teiles des Mauerblattes eine bedeutende Mächtigkeit erreicht. Dann verschmälert er sich plötzlich und hört ganz auf. Das Mauerblatt nimmt seine ursprüngliche Dünne wieder an, um sofort zur Bildung der zweiten kleineren Portion des Sphincters wieder zur vorigen Breite anzuschwellen. Die beiden so geschaffenen Ringmuskelteile sind völlig getrennt und ohne jeglichen Zusammenhang; ihre Grenze wird durch den nicht verdickten Teil des Mauerblattes, der wie ein tiefer Einschnitt aussieht, gebildet.

An den Septen von Zoanthus ist auffallend, dass ihre Stützlamelle, (Taf. V Fig. 3), kurz nachdem dieselbe aus dem Mauerblatt getreten, sich teilt, dann wieder zusammenbiegt und so einen geschlossenen, mit Zellen ausgekleideten Canal (*sc*) von rundem oder länglichem Querschnitt bildet, der die ganze Länge des Septums durchzieht. Durch einen Querbalken kann dieser Canal, dann jedoch nur bei den Macrosepten, in zwei Fächer geteilt werden. Hertwig hält diese Septalcanäle für entodermalen Ursprungs, da er in ihnen dieselben eigentümlichen gelben Körper, die er für parasitische Algen erklärt, und welche zahlreich im Entoderm, niemals jedoch in den ectodermalen Canälen des Mauerblattes vorkommen, wahrgenommen hat.

Die Muskelfahnen (*mf*) sind sehr deutlich entwickelt und bilden geweihartige Vorsprünge am Mesoderm. Dieselben sind, was v. Koch[1]) als zweifelhaft hinstellt, als Analoga der bei den Actinien die paarige Anordnung der Septen bedingenden Muskelwülste anzusehen. Auf gut geführten Querschnitten konnte ich feststellen, dass sich alle Paare ihre Muskelseiten zuwenden, mit Ausnahme der beiden einander opponierten Richtungsseptenpaare, welche ihre Fahnen auf abgewandten Seiten tragen.

Die Geschlechtsorgane (*ov*) liegen als schmale, kurze Bänder in der mittleren Höhe der Macrosepten, auf Querschnitten centralwärts von der Muskelfahne. Fast alle von mir untersuchten Individuen besassen Geschlechtsorgane, jedoch nur in beschränkter Anzahl und schwacher Ausbildung. Ich verzichte deshalb hier auf eine Beschreibung derselben und werde auf ihren Bau erst bei der folgenden verwandten Art, welche die Geschlechtsorgane mächtig entwickelt zeigt, näher eingehen. Nur das will ich hier

---

[1]) G. v. Koch: loc. cit.

erwähnen, dass ich einen deutlichen Hermaphroditismus constatieren konnte; Eier und Hodenfollikel lagen im Mesoderm neben einander.

Wie auf Querschnitten ersichtlich, bildet centralwärts von dem Geschlechtsbande das Entoderm zu beiden Seiten der stark verlängerten Stützlamelle einen breiten, aus dunkel-grünbraunen Zellen bestehenden Beleg (*en*). Derselbe führt zahlreiche rundliche Einlagerungen und erscheint daher stark gekörnelt. Ueber seine histologische und physiologische Bedeutung habe ich keinen Anhalt; er ist um so merkwürdiger, als ich ihn nur bei dieser Art constatieren konnte. In der Nähe des Schlundrohrs wird er durch den Flimmerstreif des Mesenterialfilamentes, welches den oben für alle Zoantheen beschriebenen Bau zeigt, allmählich verdrängt.

Da mir das zahlreich vorhandene Material eine ergiebige Untersuchung gestattete, so habe ich diese Art benutzt, um zu einer möglichst genauen Kenntnis der Septenstellung, ihrer Eigenthümlichkeiten und Abweichungen zu gelangen. Untersucht habe ich 24 Polypen. Von diesen zeigten dreizehn eine ganz regelmässige Anordnung der Septen, mehr oder weniger vom Typus abweichend verhielten sich elf Individuen. Unter den dreizehn regelmässig ausgebildeten Exemplaren konnte ich bei fünf Tieren von unten nach oben eine Zunahme der Septen um zwei resp. drei Paare constatieren. — Die Zahl der Septen bewegte sich um 48 herum; als Minimum konnte ich die Zahl 42, als Maximum 52 feststellen. Meist lagen die Paare jederseits von der Sagittalaxe symmetrisch verteilt; doch kamen Differenzen zwischen rechts und links bis zu vier Paaren vor. In der folgenden Zusammenstellung bedeuten die Zahlen der ersten Reihe die Anzahl der Paare einerseits, die der zweiten Reihe die Anzahl der Paare andrerseits, wobei die Richtungsseptenpaare nicht berücksichtigt sind; die letzte Columne enthält die Gesammtzahl der Septen mit Einschluss der Richtungssepten.

	Septenpaare		Septenzahl
	einerseits	andrerseits	
1	11	10	46
2	11	11	48
3	11	11	48
4	11	11	48
5	11	11	48
6	10	12	48
7	9	13	48
8	11	12	50

	Septenzahl einerseits	Septenzahl andrerseits	Septenzahl
9			
unten	9	11	42
oben	10	10	46
10			
unten	10	10	44
oben	11	11	48
11			
unten	10	11	46
oben	11	12	50
12			
unten	10	10	44
oben	12	11	50
13			
unten	9½	9½	42
oben	10	11	46

Die Zoantheen haben eine local beschränkte Wachstumszone der Septen; dieselbe liegt in der Nähe der ventralen Richtungssepten. Zu dieser Ueberzeugung gelangt man schon bei oberflächlicher Betrachtung eines Querschnittes durch die Mitte des Polypen. An einem solchen Schnitt fällt auf, dass, während die der dorsalen Zone naheliegenden Scheidewände der ventralen Zone bereits völlig ausgebildet sind, was sich besonders an den Macrosepten zeigt, indem diese alle bereits Mesenterialfäden und Geschlechtsorgane tragen, dass die Septen je näher sie dem ventralen Pol liegen, desto rudimentärer in Bezug auf Grösse und Ausbildung der Mesenterialfilamente und Sexualproducte werden, also offenbar die jüngeren Bildungen sind. Was das Längenwachstum der Septen betrifft, so muss man annehmen, dass sich dieselben von oben nach unten hin ausdehnen. Denn wie an den jüngeren, noch nicht völlig ausgebildeten Septen zu sehen ist, wird die Ausbildung derselben je näher dem Schlundrohr eine desto vollkommnere, während umgekehrt nach der Basis zu die Scheidewände immer rudimentärer werden, was sich nicht nur in Bezug auf ihre Grösse und die Ausbildung ihrer Anhänge zu erkennen giebt — in manchen Fällen ist sogar zu beobachten, dass die jüngsten Septen die Basis gar nicht erreichen, sondern je nach ihrem Altersstadium in grösserer oder geringerer Entfernung vom Polypengrunde aufhören. Dieses letztere Verhalten giebt uns Gelegenheit, den Entstehungsprocess der Scheidewände genauer zu verfolgen. Stellt man nun sämmtliche Querschnitte, in welche

man den Polypen von unten nach oben zerlegt hat, zu einer genau ihre Folge einhaltenden Reihe zusammen, so kann man bei manchen Individuen ein fortschreitendes Einschieben neuer Septen bis zu drei Paaren beobachten. Dies gelang mir, wie erwähnt, bei fünf Exemplaren. Hierbei liess sich bestimmt feststellen, der Art der Einschiebung, d. h. die Bildungsstätte neuer Septen, ist das Interseptalfach jederseits neben den ventralen Richtungssepten.

Bezeichne ich mit ‖ die Macrorichtungssepten, mit |O das jederseits anliegende Paar, mit | jedes neu entstandene Macro-, mit o jedes neu entstandene Microseptum und lasse dann auf den untersten Schnitt O|‖|O jeden Schnitt, der ein neu auftretendes Septum zeigt, folgen, so würde folgendes Schema den Entstehungsprocess der Septen versinnbildlichen:

O| ‖ |O   O| | ‖ |O   O| o| ‖ |O   O| o| ‖ | |O

O| o| ‖ |o |O   O| o| | ‖ |o |O   O| o| o| ‖ |o |O   u. s. f.

Aus dieser genau dem wirklichen Verhalten entsprechenden Darstellung ersieht man, dass die Septen stets als Paare entstehen, d. h. je ein Macroseptum entsteht gleichzeitig mit dem zugehörigen Microseptum. Dass das erstere auf einem tieferen Schnitte sichtbar ist, während sein entsprechendes Microseptum sich erst auf einem höheren Schnitte einstellt, hat wohl nur seinen Grund darin, dass die Septen sich in der Basis des Polypen allmählich verjüngen und, da das Macroseptum bedeutend weiter nach innen vorragt, so muss dieses naturgemäss etwas tiefer nach unten hinabreichen.

Wiederholt fand ich an ausgewachsenen Polypen Unregelmässigkeiten in der Septenstellung. Dieselben bestanden fast ausschliesslich darin, dass Scheidewände, welche ihrer Stellung gemäss Macrosepten sein sollten, microseptal waren und so zur Entstehung ganzer Gruppen von drei, fünf, ja sieben Microsepten Anlass gaben. Verfolgt man solche Abweichungen durch die ganze Höhe des Polypen, so ist zu beobachten, dass dieselben in der Schlundrohrgegend weniger häufig auftreten und sich in manchen Fällen erst nach unten zu einfinden. Zum besseren Verständnis will ich die entdeckten Abweichungen graphisch darstellen und zwar jede derselben in zwei Stadien, nämlich in einem Schnitt durch die Schlundrohrgegend und einem solchen durch die untere Hälfte des Polypen. Zur besseren Uebersicht sind die beiderseitigen Hälften der dorsalen Zone sowie die Macrorichtungssepten fett gedruckt worden.

```
1. ●┃●┃●o|o|o|o|o|o|o|ooooo|o|┃┃|o|ooooooo|o|o|o|o●┃●┃●
   ●┃●┃●o|o|o|o|o|ooo|ooooo|o|┃┃|o|ooooooo|o|ooo|o●┃●┃●

2. ●┃●o|o|o|o|o|o|o|o|o|┃┃|o|o|o|o|o|o|o⌒|o|o|o|o|o|ooo●┃●┃●
   ●┃●ooooo|o|o|o|o|o|o|┃┃|o|o|o|o|o|o|ooo|ooo|o|o|o|ooo●┃●┃●

3. ●●┃●┃●o|⌒o|o|o|o|o|┃┃|o|o|o|o|o|ooo|ooo|o|o●┃●┃●
   ●●┃●●●o|ooo|o|o|o|o|┃┃|o|o|o|o|o|ooo|ooo|o|o●┃●┃●

4. ●┃●o|o|o|o|o|⌒o|o|o|o|o|┃┃|o|o|o|o|ooo|ooo|o●┃●┃●
   ●┃●o|o|o|o|o|oooo|o|o|o|o|┃┃|o|o|o|o|ooo|ooo|o●┃●┃●

5. ┃●┃●o|o|o|ooooo|o|┃┃|o|o|o|ooo|o|ooo|o●┃●┃

6. ┃●┃●o|o|o|o|o|o|o|o|┃┃|o|o|o|o|o|o|o|o|o●┃●┃

7. ●┃●┃●⌒|o|o|o|o|o|o|┃┃|o|o|o|o|o|oooooo●┃●
   ●┃●●●oo|o|o|o|o|o|o|┃┃|o|o|o|o|o|oooooo●┃●
```

Wie man an obigen Darstellungen sieht, sind die meisten Unregelmässigkeiten in der ventralen Zone zu finden; jedoch bleibt auch die dorsale Partie nicht von ihnen verschont. In dieser ist eine ziemlich häufig auftretende Abweichung die, dass an einer Seite das ventralwärts liegende Paar aus zwei Microsepten besteht, so dass an dieser Stelle vier Microsepten zusammenstossen. Ich fand diese abnorme Anordnung ausser bei den in den angeführten Schematen enthaltenen Fällen (2 u. 3) noch bei sechs sonst regelmässig ausgebildeten Individuen. Bei einem derselben liess sich die erwähnte Abweichung an beiden Seiten der dorsalen Zone beobachten. Ferner trifft es sich wohl (2, 4, 5 u. 6), dass an einer Seite der dorsalen Zone ein aus Macro- und Microseptum bestehendes Paar gänzlich ausfällt; bei zwei Individuen (5 u. 6) fehlen merkwürdiger Weise die kleinen Richtungssepten; endlich fand ich ein Tier (3), bei welchem sich zu den beiden Microrichtungssepten noch ein drittes rudimentäres Septum hinzugesellt hatte.

In den meisten Fällen beginnen die Unregelmässigkeiten, wie sie sich besonders in den microseptalen Gruppen der ventralen Zone zu erkennen geben, schon in höchster Höhe. Gewisse Septen, welche ihrer Stellung gemäss Macrosepten sein sollten, sind rudimentär, d. h. sie erreichen das Schlundrohr nicht, noch bilden sie

Geschlechtsorgane oder Mesenterialfilamente aus; dieser microseptale Character bleibt dann bis unten hin erhalten. In andern Fällen hingegen treten die Abweichungen erst in bestimmter Tiefe vom Schlundrohr auf. Während in der Höhe des letzteren die Regelmässigkeit mehr oder minder gewahrt ist, die Macrosepten ihre volle Ausbildung auf Grösse und ihre Anhänge zeigen, werden einzelne derselben unterhalb des Schlundrohrs ziemlich plötzlich rudimentär und nehmen ganz das Aussehen von Microsepten an. Beide Fälle von Unregelmässigkeiten, sowohl der sich durch die ganze Polypenhöhe hindurchziehenden, als auch der auf eine gewisse Tiefe beschränkten Abweichung lassen sich an einem und demselben Polypen beobachten. Man kann sich dieses vom Typus abweichende Verhalten einzelner Scheidewände nur durch die Annahme erklären, dass in dem einen Falle die verkümmerten Macrosepten von ihrem ersten Auftreten aus dem Mauerblatt an ihrer Weiterentwickelung durch irgend einen unbestimmten Einfluss gestört wurden, während im anderen Falle die Hemmung im Wachstum erst zu einer gewissen Zeit eintrat und so eine teilweise, sich auf eine gewisse Höhe beschränkende Unregelmässigkeit bedingte. — Ein sehr eigentümliches Verhalten der Scheidewände liess sich an manchen Exemplaren beobachten. Bei diesen traten in der Höhe des Schlundrohrs zwei benachbarte, ihrer Stellung nach als ein rudimentäres Macroseptum und ein Microseptum zu deutende Scheidewände mit ihren freien Rändern zusammen, so dass sie eine auf dem Mauerblatt stehende, geschlossene Halbrinne darstellten. In grösserer oder geringerer Tiefe vom Schlundrohr lösten sich die beiden verwachsenen Septen wieder und verliefen jetzt getrennt, doch stets ihren microseptalen Character bewahrend, bis zur Basis des Polypen fort. In den angeführten Schematen sind die zu einer Rinne verwachsenen Septen durch einen Bogen bezeichnet, welcher dann im zweiten Stadium durch zwei getrennte Microsepten ersetzt wird.

Das Schlundrohr dieser Art ist auf dem Querschnitt oval und zeigt an seinem spitzen Ende eine nur wenig ausgeprägte Schlundrinne.

Die Stolonen (Taf. V Fig. 4 u. 5) sind, wie sich das aus ihrer Natur als Fortsetzungen des Mauerblattes von selbst ergiebt, diesem ähnlich gebaut. Auf Querschnitten zeigt sich ein solcher Ausläufer umgeben von dem hohen, lockeren Ectoderm (*ec*), in welchem Fortsätze des Mesoderms ganz wie beim Mauerblatt gegen die faserige Cuticula vorragen. Das Entoderm (*en*) ist vertreten als

Auskleidung der grossen, direct mit dem Polypeninnern in Verbindung stehenden Röhren (*er*), welche die Stolonen der Länge nach durchziehen. Das stark entwickelte Mesoderm (*me*) ist dem des Mauerblattes ähnlich differenziert. Auch hier finden sich jene vom Ectoderm stammenden, mit Zellen erfüllten Canäle, welche in verschiedener Weite das Mesoderm nach allen Richtungen durchziehen. Fast ganz in den Hintergrund treten dagegen die feinen, mit Kernen ausgestatteten Fasern und zwar zu Gunsten der Bindegewebskörper, welche in grosser Zahl und Mächtigkeit dem Mesoderm eingelagert sind.

---

2. Species. Zoanthus sp.?

Fig.: Taf. IV, 3.

Mesoderm nur schwach entwickelt; daher das Mauerblatt dünn und häutig, glatt, mit durchscheinenden Septen und daher zart längsgestreift; Oberteil gewölbt ohne Radiärfurchen; Colonieen überziehen glatte Gegenstände des Meeres ringsum.

Fundort: Simons Bay; 10—20 Fuss.

Zur Verfügung steht mir eine Colonie von etwa 250 Polypen, welche einen glatten, rundlichen Kalkstein ringsum bis auf eine Seite, die sich als Bruchfläche zu erkennen giebt, überzieht, so dass das Ganze einem knolligen Gebilde ähnlich sieht (Taf. IV Fig. 3). Diese Art scheint also nicht wie die vorige auf dem flachen Boden zu wuchern, sondern glatte Gegenstände des Meeresbodens ringsum zu bedecken. Auch diese Colonie bot mir nur ausgewachsene Tiere, deren Höhe 6—8, deren Breite 3—4 mm beträgt; contrahiert haben sie das Aussehen cylindrischer Schläuche, die oben mehr oder weniger gewölbt sind. An einer Seite der Colonie befinden sich die Tiere in ihrem natürlichen, d. h. nicht contrahierten Zustand. Deutlich unterscheidet man an diesen Individuen die zwei Reihen kleiner Tentakel, die dem im contrahierten Zustande nach innen eingeklappten, jetzt nach aussen umgeschlagenen Teil des Mauerblattes, der einen deutlich vorspringenden Ring bildet, aufsitzen. Die Mundspalte liegt auf einer Erhöhung in der Mitte der im Uebrigen vertieften Mundscheibe und führt durch das Schlundrohr in das Körperinnere.

Die Stolonen, denen die Tiere aufgewachsen, bilden ein dichtes, innig verbundenes Geflecht schmaler Bänder, die sehr zur Verwachsung neigen und so an manchen Stellen eine zusammenhängende Platte darstellen.

Das Mauerblatt ist äusserst dünn und zarthäutig, so dass es beim Loslösen der Polypen meist einreisst. Wegen seiner Zartheit lässt es die Septen durchscheinen und erhält so ein längsstreifiges Aussehen. Histologisch zeigt es die bei der vorigen Art beschriebene Diffenzierung, wenngleich dieselbe, was besonders für das Mesoderm gilt, wegen der geringen Dicke der Schichten ungleich schwerer zu erkennen ist.

In dem eingeschlagenen Teil des Mauerblattes liegt der für Zoanthus characteristische Ringmuskel. Derselbe beginnt ziemlich früh im horizontalen Mauerblatt als schmaler Streif, der sich gegen den Umschlagsrand allmählich verbreitert, um dann im eingeschlagenen Teil zur Bildung der beiden starken Partieen zweimal mächtig anzuschwellen.

Die Stützlamelle der Septen ist entsprechend dem Mesoderm des Mauerblattes äusserst dünn. Der mit Zellen erfüllte Canal am Grunde der Septen ist auch hier vorhanden; er zeigt sich auf Querschnitten als langer, schmaler Spalt, der eine kaum merkliche Verdickung in den Septen hervorruft. Die Muskelfahne ist schwach entwickelt und kaum als geringe Vorsprünge am Mesoderm zu erkennen. Die Mesenterialfäden haben den allgemeinen Bau.

Die Geschlechtsorgane liegen als breite Bänder der Stützlamelle der Septen eingesenkt und erstrecken sich fast von der Fussscheibe bis zum Schlundrohr hin; auf Querschnitten gesehen, nehmen sie die ganze Mittellamelle von der Höhlung am Grunde bis zu dem unpaaren Drüsenstreif am Rande ein. Eier und Hodenfollikel liegen bunt durcheinander, so dass man sowohl auf Längs- wie auf Querschnitten beiderlei Producte nebeneinander liegend zu sehen bekommt. Zwischen den grossen, auf Querschnitten gewöhnlich in Gruppen zu zwei oder drei sichtbaren Eiern liegen zahlreiche Hodenfollikel, wie jene stets in einer Reihe angeordnet. Beide Elemente liegen so nahe aneinander, dass sowohl die einzelnen Eier wie Hodenfollikel eine Abplattung der sich berührenden Seiten zeigen. Die Stützlamelle wird durch die eingelagerten Geschlechtsorgane bis auf äusserst dünne Lamellen verdrängt, welche sowohl die Eier unter sich, als auch von dem Septenepithel trennen. Die Eier bestehen aus trübem, feinkörnigem Plasma, dem ein Keimbläschen mit grossem Keimfleck excentrisch eingelagert ist. Die Bildung der Hodenfollikel ist noch sehr jungen Ursprungs, da ich nur den Zerfall des Inhaltes in Spermatoblasten, jedoch noch keine Spermatozoen beobachten konnte.

Auf die Anordnung der Septen habe ich elf Individuen unter-

sucht. Im Allgemeinen ist die Anzahl der Scheidewände eine beträchtlichere, als bei der vorigen Art, wie folgende Zusammenstellung zeigen wird.

No.	Septenpaare		Septenzahl
	einerseits	andererseits	
1.	8	8	36
2.	10	10	44
3.	12	10	48
4.	10	13	50
5.	12	13	54
6.	12	13	54
7.	13	12	54
8.	13	13	56
9.	13	13	56
10.	13	14	58

Das elfte von mir untersuchte Tier zeigte ein sehr interessantes Verhalten, insofern es bei einer regelmässig ausgebildeten ventralen Partie eine doppelte dorsale Zone besass. Im Ganzen hatte es 32 Paare oder 64 Einzelsepten, welche sich in folgender Weise gruppierten:

●● | ● | ●● | ● | ●● | o | o | o | o | o | o | o | o | o || o | o | o | o | o | o | o | o | o | ●● | ● | ●● | ● | ●●

Man könnte geneigt sein, diese auffällige Erscheinung als eine Einleitung zur Längsteilung des Polypen anzusehen. Wenn, wie dieses bei gewissen Actinien vielfach beobachtet worden ist, auch bei den Zoantheen Teilungen in der Richtung der Hauptaxe vorkämen, so wäre es von grossem Interesse, das Verhalten der Septen hierbei festzustellen. Leider war der vorliegende Fall der einzige dieser Art, der mir überhaupt aufstiess; ich muss daher unentschieden lassen, ob die beschriebene Septenstellung nur ein Zufall, der unter die vielfach vorkommenden Unregelmässigkeiten zu rechnen ist, oder ob hier eine zweckmässige, eben auf die Längsteilung hinauslaufende Erscheinung vorliegt.

II. Genus. Mammilifera Lesueur.

Zoantheen ohne Sandincrustation; Coenenchym stolonenartig mit Tendenz zur Lamellenbildung; Polypen zur seitlichen Verwachsung neigend; Septenstellung nach dem Microtypus; Ringmuskel mesodermal einfach.

Die Gattung Mammilifera war in dem mir zur Verfügung stehenden Material nicht vorhanden. Jedoch entdeckte ich einen

ihrer Vertreter in der Sammlung des naturhistorischen Museums zu Bonn. Die völlig erweichte, schlecht erhaltene Colonie bestand aus etwa 30 Individuen von sehr verschiedener Grösse. Die grössten waren Tiere von einer Höhe von 12 mm und einer Breite von 6—8 mm; von diesen fanden sich bis zu Polypen von 4 mm Höhe und entsprechender Breite alle Uebergänge. Die kleineren bilden seitliche Auswüchse an den grossen Polypen. Die Verbindungsweise der letzteren war wegen der schlechten Conservierung nur schwer zu erkennen. An manchen Stellen vereinigten schmale Stolonen die Tiere untereinander; an anderen Orten war dagegen die Tendenz zur Bildung einer zusammenhängenden Lamelle nicht zu verkennen. Nicht nur in der Verbindungsweise, sondern auch in andern, sowohl äusseren, wie anatomischen Characteren zeigt sich eine grosse Verwandtschaft zu Zoanthus. Das Mauerblatt ist gänzlich frei von Einlagerungen und zeigt histologisch ganz genau denselben Bau wie dasjenige von Zoanthus. Wegen der beträchtlichen Dicke der Schichten sind die Differenzierungen im Mesoderm und das Verhalten des letzteren zum Ectoderm und zur Cuticula hier besonders gut zu beobachten. Von den inneren Organen ist alles aufgeweicht und verdorben, über die Mesenterialfäden und Geschlechtsorgane kann ich daher nichts berichten. Die Septen bilden kurz nach ihrem Austritt aus dem Mauerblatt den auch bei Zoanthus beobachteten Canal, der mit Zellen ausgefüllt ist.

Die Anordnung der Septen richtet sich nach dem Microtypus. Trotzdem ich mehrere Individuen auf die Septenstellung untersucht habe, gelang es mir nur bei einem derselben, genau den Typus festzustellen. Dieses Tier, der grössten eines, zeigte bei einer regelmässigen Ausbildung der dorsalen Zone 25 Paare in der ventralen Zone, und zwar 11 Paare einerseits, 14 Paare andrerseits von den Richtungssepten. Im Ganzen besass es also 31 Paare oder 62 Einzelsepten.

Wie aus dem Gesagten hervorgeht, sind Zoanthus und Mammilifera äusserlich kaum zu trennende Formen; auch anatomisch stimmen sie in vielen Punkten überein. Nur in dem Ringmuskel, der bei Zoanthus doppelt, bei Mammilifera dagegen einfach ist, ist uns ein characteristisches, nicht zu übersehendes Trennungsmerkmal gegeben. Der Sphincter von Mammilifera liegt in dem, im contrahierten Zustande tief nach innen eingeschlagenen Teil des Mauerblattes; er beginnt schmal im horizontalen Teil des

letzteren und verdickt sich dann im eingeklappten Mauerblatte zu einem breiten, überall in gleicher Ausdehnung verlaufenden Muskelcomplex.

III. Genus. Epizoanthus Gray.

Zoanthiden, deren Mesoderm ganz oder nur in seiner äusseren Schicht von Fremdkörpern durchsetzt ist; das Coenenchym bildet eine weit ausgebreitete, zusammenhängende Lamelle, auf welcher sich die Polypen in grösseren oder geringeren Zwischenräumen frei erheben; Septenstellung nach dem Macrotypus; Ringmuskel mesodermal einfach; Mesoderm führt rundliche, mit Zellen erfüllte Höhlungen; Colonien bewohnen Molluskenschalen oder Skelettgebilde niederer Tiere.

Das umfangreiche Genus Epizoanthus begreift viele äusserlich sehr verschiedene Formen in sich, die jedoch anatomisch einander sehr nahe stehen. Sehr different ist ihre Lebensweise, wie sie durch die Natur ihres Substrates bedingt wird. Hiernach könnte man unter dem vorhandenen Material eine Scheidung vornehmen und dasselbe trennen in Formen, welche

a. verlassene Molluskenschalen,
b. das Kieselfadenbündel von Hyalonema,
c. von Einsiedlerkrebsen getragen Schneckengehäuse bewohnen.

a. Colonie überzieht mit ihrem lamellösen Coenenchym verlassene Molluskenschalen.

3. Species. Epizoanthus sp.?

Fig.: Taf. IV, 4; V, 6, 7.

Polypen von ansehnlicher Grösse mit kuppelförmig gewölbtem Mauerblatt, von dessen Spitze zahlreiche, als erhabene Wülste hervortretende Reihen von eingelagerten Foraminiferen radiär verlaufen; Einlagerungen bestehen ausschliesslich aus Foraminiferen; Mauerblatt dünn, Septen durchscheinend; Colonie bewohnt eine Fususschale.

Fundort: Stat. 299; 2160 Fuss.

Die Colonie von siebzehn Einzeltieren (Taf. IV Fig. 4) bewohnt die etwa 8 cm hohe, verlassene Schale einer Fusus, einer Schnecke aus der Familie der Muriciden oder Canaliferen. Die Polypen sind vorzugsweise auf der Rückenseite der Schale aufgewachsen, nur an der Spitze des Gehäuses sind die daselbst befindlichen fünf jungen Individuen ringsum angeordnet; die Gegend um die

Mündung herum bleibt von den Polypen völlig frei. Aus dem gemeinsamen Coenenchym erheben sich die Tiere mit elliptischer Basis, um sich nach oben kuppelartig aufzuwölben. Die grössten Exemplare haben eine Grundfläche von 15 resp. 10 mm Durchmesser und sind 13 mm hoch; dann finden sich alle Uebergänge bis zu den kleinsten Tieren, die als flache, langgestreckte Erhebungen mit einer Grundfläche von 9 resp. 5 mm und einer Höhe von 1,5—3 mm aus dem Coenenchym hervortreten. Letzteres ist eine 0,3—0,5 mm dünne, continuierliche Lage, welche die Schale soweit die Colonie reicht, überzieht. Nach dem Ende der Colonie zu wird es immer dünner und durchsichtiger, bis es selbst als sehr feines, leicht abzureibendes Häutchen aufhört. Alle Polypen befinden sich im Zustande der höchsten Contraction; auf der kuppelförmigen Spitze liegt innerhalb einer durch eine kreisförmige Furche abgegrenzten Erhebung der kaum als Oeffnung erkenntliche Eingang in das Innere, der durch den weit nach innen eingeschlagenen Teil des Mauerblattes gebildet wird. Das Mauerblatt selbst ist von geringer Dicke und lässt die Septen als helle Streifen durchscheinen. In der äusseren Zone seines Mesoderms liegen die Einlagerungen, welche durchweg aus Foraminiferenschalen bestehen. Dieselben sind über das Coenenchym gleichmässig verteilt, am Mauerblatt dagegen in höchst regelmässiger und zierlicher Weise angeordnet. Folgendes ist zunächst äusserlich mit Anwendung der Loupe zu erkennen. Von der Spitze aus verlaufen radiär bei erwachsenen Tieren etwa fünfzehn bis zwanzig als helle, erhabene Linien hervortretende, geschlängelte Reihen von Foraminiferen. Wo sich das Mauerblatt mehr senkrecht nach abwärts biegt, beginnt sich jede dieser Reihen zu teilen; jeder Zweig verläuft nun so als gerade Linie am Mauerblatt abwärts, dass über jeder Septe, deren Insertion wegen der Dünne des Mauerblattes von aussen deutlich zu erkennen ist, nunmehr eine Reihe von Foraminiferen angebracht ist. Während also von der Spitze des Polypen aus eine mit den Septenpaaren übereinstimmende Anzahl von Wülsten verlief, erstrecken sich am mittleren Teil des Mauerblattes so viel Schalenreihen, als Einzelsepten vorhanden sind. Nach der Basis zu werden dieselben undeutlicher, so dass am untersten Teil des Polypen ebenso wie am Coenenchym die Bedeckung mit Foraminiferen wieder eine gleichmässige ist. — Durch microscopische Betrachtung von Schnitten aus der oberen Region der Polypen erkennt man nun, dass sich

die Einlagerungen auf den nach innen eingeklappten, durch den eingelagerten Ringmuskel stark verdickten Teil des Mauerblattes fortsetzen und zwar ebenfalls in sehr zierlicher Anordnung. Auf Radialschnitten (Taf. V Fig. 7) sieht man zunächst, dass die äusserlich sichtbaren Foraminiferenwülste an dem Umschlagsrand aufhören, etwas nach unten jedoch wieder beginnen und dann als ununterbrochene Reihe (*e—e*) die äussere Wand des tief eingeschlagenen Mauerblattes entlang laufen, um kurz vor dessen Ende wieder aufzuhören. Auf der inneren Wand des eingeklappten Teiles erstreckt sich ebenfalls eine kurz über dem Endrande beginnende Reihe von Foraminiferen (*i—i*), die jedoch mit der auf der gegenüberliegenden Seite befindlichen in keiner Verbindung steht, sondern von dieser durch den unteren freien Rand des Mauerblattes getrennt ist. — Querschnitte durch die obere Region des Polypen (Taf. V Fig. 6) vervollständigen das gewonnene Bild. Auf solchen giebt sich der eingeschlagene Teil des Mauerblattes innerhalb des äusseren dünnen Teiles (*ma*) als einen durch den eingelagerten Sphincter stark verdickten Ring (*rme*) zu erkennen, der nach aussen und innen vom Ectoderm (*ec*) ausgekleidet ist. In das Innere dieses Ringes ragen kurze vom Mesoderm ausgehende Fortsätze, welche in bestimmten Abständen angeordnet sind, und deren Zahl mit der der Septenpaare übereinstimmt. Jeder dieser Fortsätze verzweigt sich zu einem zierlichen Geäst, um innerhalb desselben eine Anzahl von Foraminiferen aufzunehmen und gewährt so das Aussehen eines zierlichen, vom Ectoderm umgebenen und von einer Stütze getragenen Krönchens von Foraminiferen. Diese inneren Krönchen (f^1) stellen die auf Radialschnitten an der äusseren Wand des eingeschlagenen Mauerblattes wahrnehmbaren Reihen (*e — e*) von Foraminiferen dar. Ebenso wie nach innen entsendet der Mauerblattring eine gleiche Anzahl Krönchen nach aussen, welche sich von den inneren nicht nur durch ihre beträchtlichere Grösse, als besonders dadurch auszeichnen, dass sie von zwei Stützen, d. h. Fortsätzen des Mesoderms, welche ihr Geäst zusammentreten lassen, getragen werden. Diese äusseren Foraminiferenhäufchen (f^2) sind mit den auf Längsschnitten am inneren Rande des Mauerblattes entlang laufenden Reihen (*i—i*) identisch. — Die Mundscheibe ist am Mauerblatt nicht in gleicher Höhe inseriert, sondern ihre Ansatzstelle bildet am inneren Rande des eingeschlagenen Teiles des Mauerblattes eine Schlangenlinie mit sehr steilen Bogen. Nun sind die Tentakel

an der Mundscheibe so angelegt, dass je ein Tentakel der einen Reihe in einem oberen, je ein Tentakel der anderen Reihe in einem unteren Bogen zu liegen kommt. So bilden die Tentakel zwei Kreise, in denen sie alternierend angeordnet sind. Da nun, wie auf Querschnitten zu sehen ist, zwischen je zwei äusseren Foraminiferenkörnchen (f'') ein Tentakel (t) inseriert ist (Taf. V Fig. 6), so folgt daraus, dass die Foraminiferenreihen am inneren Rande des eingeschlagenen Mauerblattes von unten herauf in die von der Mundscheibe beschriebenen Ausbuchtungen hineinragen. Auf diese Weise erklärt sich denn das auffallende Abhängigkeitsverhältnis der Zahl der Foraminiferenreihen zn der der Septen und Tentakel.

Das Mesoderm der Septen ist, entsprechend der Dünne des Mauerblattes, nur schwach entwickelt; es bleibt einfach, ohne wie bei Zoanthus einen mit Zellen erfüllten Canal zu umschliessen. Die Muskelfahne ist zwar deutlich wahrnehmbar, jedoch nur von geringer Ausdehnung. Die Geschlechtsorgane an den Macrosepten sind mächtig entwickelt; dieselben erfüllen fast das ganze Innere des Polypenleibes als dicke Wülste, welche in ihrem Verlauf zickzackartig gewunden sind; namentlich bilden sie am inneren Mauerblatt einen dicken Beleg. Da sie wegen ihres geschlungenen Verlaufes auf Querschnitten stets mehr oder weniger flächenhaft getroffen werden, so ist ihre eigentliche Lagerung innerhalb der Stützlamelle nur schwer zu erkennen. Bei den drei von mir untersuchten Polypen fand ich nur Hodenfollikel vor. Dieselben waren durchweg vollständig ausgebildet, von bedeutender Grösse und zeigten eine characteristische Anordnung ihrer Spermatozoen, die bedingt ist durch den Grad ihrer Reife. Die Spermatozoenmutterzellen sind in jedem Follikel peripherisch gelagert und grenzen an die Stützlamelle mit Ausnahme an der Stelle, wo das Follikel später zum Zwecke der Entlassung der Spermatozoen platzen soll. Hier drängen sich die Haufen reifer Samenfäden zusammen und ordnen sich von hier aus in Reihen, die dann nach innen gegen den entgegengesetzten Pol des Follikels als ein divergentes Strahlenbüschel vorragen. Hierbei vereinigen sie ihre Schwänze mit einander und bilden so feinstreifige Züge, in denen die Köpfe als Punkte sichtbar sind.

In dem tief nach Innen eingeschlagenen Teil des Mauerblattes liegt ein mächtig entwickelter Sphincter (Taf. V Fig. 7). Derselbe ist mesodermal und einfach; er beginnt als schmaler Streif bereits in dem horizontalen Teil des Mauerblattes, verdickt sich gegen

den Umschlagsrand und verläuft dann als breiter, in seiner ganzen Länge gleiche Ausdehnung zeigender, unten stumpf endender Muskelcomplex. Derselbe gewährt mit der äusserst mannigfachen Verästelung und Anastomosierung seiner Fibrillenbündel ein äusserst zierliches Bild.

Das Schlundrohr ist oval mit wenig ausgeprägter Schlundrinne.

Das äusserst dünne Coenenchym zeigt im Innern flache, mit Entoderm ausgekleidete Verbindungsröhren; seine Oberfläche führt als Einlagerungen wenige Foraminiferen, während seine Unterseite, mit der es dem Gehäuse aufliegt, von ihnen gänzlich frei ist.

Von den drei untersuchten Exemplaren konnte ich nur bei zweien, einem mittelgrossen und einem ausgewachsenen Individuum die Septenanordnung feststellen; das dritte, noch sehr junge Tier war äusserst flach, dazu noch schlecht abgelöst, so dass schon der tiefste Schnitt durch die Mundscheibe ging. Ich konnte hier nur die Zahl der Septen bestimmen; dieselbe betrug 28.

Nehme ich an, dass die Anordnung wie bei den folgenden eine regelmässige und symmetrische gewesen, so würde sich dieselbe nach folgendem Schema gestalten:

•|•||o|o|o|o||||o|o|o|o||•|•

Das zweite mittelgrosse Exemplar besass 32 Septen regelmässig und symmetrisch angeordnet; vermehren wir an obigem Schema die ventrale Zone jederseits um ein aus Macro- und Microseptum bestehendes Paar, so ergiebt sich die Anordnung dieses Polypen. Noch jederseits an der ventralen Partie ein Paar hinzugefügt, so resultiert die Septenstellung des dritten Individuums; dieses, ein ausgewachsener Polyp, besass 36 Einzelsepten, also 18 Paare, von denen jederseits 8 Paare regelmässig nach dem Macrotypus zwischen den Richtungssepten verteilt waren.

---

b. Colonieen auf Hyalonema, deren Fadenbündel sie mit ihrem Coenenchym scheidenartig umgeben.

Es giebt mehrere Epizoanthusarten, welche den Kieselfadenstrang von Hyalonema überziehen. Eine derselben ist von Max Schultze in einer Monographie, welche über die Hyalonemen handelt, unter dem Namen Palythoa fatua beschrieben. Nach den Abbildungen, welche Schultze giebt, ist keine der beiden Arten, welche das Challengermaterial enthält, mit jener Palythoa fatua identisch. Beide Arten sind äusserlich ziemlich different, stimmen jedoch in ihrem anatomischen Verhalten völlig überein.

4. Species. Epizoanthus sp.?

Fig.: Taf. IV, 5; V, 8.

Polypen von geringer Höhe, fast scheibenartig, mit geradem seitlichem, oben stark abgeflachtem Mauerblatt, auf dessen horizontaler Oberseite zahlreiche, bei erwachsenen Tieren etwa 15 bis 20 radiäre, durch Furchen getrennte Riffe verlaufen; Farbe der Colonie dunkelgraubraun; Einlagerungen sehr mannigfach.

Fundort: Stat. 202.

Von dieser Art besitze ich eine Colonie (Taf. IV Fig. 5), welche den Hyalonemafadenstrang auf eine Strecke von 14 cm überzieht und aus etwa hundert Einzeltieren besteht. Das Coenenchym (*c*) bildet eine an beiden Enden offene Röhre und umgiebt scheidenartig das etwa 5 mm dicke Fadenbündel (*h*). Auf ihm erheben sich in grösseren oder geringeren Zwischenräumen die Einzeltiere mit elliptischer Basis, welche bei den grössten, etwa 3—4 mm hohen Tieren 5 resp. 7 mm im Durchmesser hat. Von diesen bis zu den kleinsten, kaum aus dem Coenenchym hervortretenden, 1,5—3 mm breiten und 0,5—1 mm hohen Anlagen finden sich alle Uebergänge vertreten. Sämmtliche Tiere sind stark contrahiert; auf der stark abgeflachten, kreisrunden, horizontalen Oberfläche des Mauerblattes befindet sich der kaum erkennbare Eingang in das Innere inmitten einer kreisförmigen Vertiefung. Von hier aus führen über die Oberseite bei erwachsenen Tieren etwa 15—20 durch Furchen getrennte, radiale Riffe.

Die Farbe der Colonie ist eine schmutzig grauschwarze. Das Mauerblatt ist von erheblicher Dicke, die durch das stark entwickelte Mesoderm bedingt ist. Letzteres ist in seiner äusseren Zone erfüllt von mannigfachen Einlagerungen. Dieselben bestehen aus unregelmässigen Sand- und Kalkbruchstücken, den verschiedensten Spongiennadeln, endlich vielen kleinen schwarzgefärbten crystallinischen Körperchen, welche die dunkle Farbe der Colonie bedingen. Die Einlagerungen sind auf den obenerwähnten radialen Riffen in erhöhter Menge angehäuft. Sie setzen sich als erhabene Reihen über den Umschlagsrand nach innen ohne Unterbrechung fort und verlaufen weiter auf den inneren Rand des eingeschlagenen Teiles des Mauerblattes. Schnitte durch die obere Region der Polypen geben so ähnliche, jedoch wegen der vielen und mannigfachen Einlagerungen nicht so regelmässige und zierliche Bilder, wie sie bei der vorigen Art beschrieben sind.

In dem von Einlagerungen freigelassenen, inneren Teile des Mesoderms (Taf. V Fig. 8) liegen der homogenen Grundsubstanz eingebettet: 1. feine, die ganze Dicke des weichen Mesoderms durchziehende, radiäre Fasern, die in ihrem Verlauf mit Kernen ausgerüstet sind; 2. rundliche, mit grossem Kern versehene Bindegewebskörper; 3. runde oder längliche Höhlungen (*ca*), die mit Zellen vollgepfropft sind. Hertwig, der dieselben bei dem von ihm beschriebenen Epizoanthus parasiticus beobachtete, vermuthet, dass diese ovalen Zellinseln nur durch den ungenügenden Grad der Conservierung bedingt und aus einem System anastomosierender Stränge, wie sie das Mesoderm von Zoanthus zeigt, durch Zerfall hervorgegangen seien. Ich bin geneigt, diese rundlichen Zellhöfe für ursprüngliche Gebilde, wie die Canäle von Zoanthus, zu halten, da ich sie bei fast allen Epizoanthusarten, welche sich ohne Ausnahme in einem sehr guten Erhaltungszustand befanden, beobachten konnte. Ueber ihre Herkunft habe ich keine Anhaltspunkte; es liegt jedoch kein Grund vor, sie nicht wie die Zellcanäle von Zoanthus, deren Abstammung vom Ectoderm unzweifelhaft feststeht, ebenfalls für ectodermalen Ursprungs zu halten; zumal da sich an manchen dieser Zellinseln eine deutliche Längsstreckung, hier und da sogar eine geringe Neigung zur Verzweigung zeigt, wodurch denn auch äusserlich eine Annäherung an Zoanthus erreicht wird.

Das Mesoderm der Septen ist gut entwickelt und am inneren Rande keulig verdickt. Die Microsepten ragen nur wenig ins Innere vor, zeigen jedoch wie die Macrosepten eine deutlich ausgebildete Muskelfahne. An den letzteren entspringt aus der inneren Verdickung von der der Muskelfahne gegenüberliegenden Seite eine Mesodermlamelle, die sich bedeutend verlängert, um die Geschechtsorgane aufzunehmen und nach innen von diesen die Mesenterialfäden auszubilden. Erstere sind in bedeutender Anzahl vorhanden, auf Querschnitten geben sie sich, da sie wegen des gewundenen Verlaufes der Septen stets mehr oder weniger flächenhaft getroffen werden, als rundliche, von einer dünnen Mesodermlamelle umgebenen Ballen zu erkennen, die dem Mauerblatt angedrückt sind und gewöhnlich das benachbarte Zwischenfach erfüllen. Alle von mir untersuchten Tiere waren weiblich; die Geschlechtsballen bestanden aus einer grossen Anzahl nahe zusammengelagerter, durch feine Mesodermlamellen getrennter Eier.

Das Mauerblatt ist tief nach innen eingeschlagen und birgt in diesem Teile einen mächtig ausgebildeten Ringmuskel, der ge-

nau die bei der vorigen Art beschriebene Gestalt hat, sich jedoch durch eine grössere Complication in der Verästelung feiner Fibrillenbündel auszeichnet.

Das Schlundrohr ist oval mit deutlich ausgeprägter Schlundrinne.

Das scheidenartige Coenenchym besitzt eine Dicke von 1—1,3 mm. In seinem Innern verlaufen der Länge nach zahlreiche entodermale Verbindungsröhren. Sein Mesoderm führt an seiner Oberfläche dieselben und eben so zahlreiche Einlagerungen, wie das Mauerblatt, während seine dem Substrat aufliegende innere Seite von Incrustationen fast frei ist. Das weiche Mesoderm des Coenenchyms steht in Bezug auf seine histologische Differenzierung zum Mauerblatt in demselben Verhältnis, wie bei Zoanthus, indem auch hier bei der sonst herrschenden Uebereinstimmung die kernhaltigen Fasern zu Gunsten der Bindegewebskörper zurücktreten.

Auf die Septenanordnung habe ich zwei Exemplare, ein mittelgrosses und ein völlig erwachsenes, untersucht. Beide zeigten den regelmässigen Macrotypus. Das jüngere Individuum hatte eine symmetrische Anordnung seiner Paare; es besass deren sechszehn, wovon jederseits sieben Paare regelmässig zwischen den Richtungssepten verteilt waren. Der andere Polyp besass neunzehn Paare, wovon neun Paare auf die eine, acht Paare auf die andere Seite kamen.

---

5. Species. Epizoanthus sp.?

Fig.: Taf. IV, 6.

Einzelpolypen langgestreckte, cylindrische Schläuche, deren Mauerblatt oben flach mit deutlicher Vertiefung, jedoch ohne Radialfurchen; Farbe der Colonie eine gelblich graue.

Fundort: Stat. 322.

Diese Art ist nur äusserlich von der vorhergehenden unterschieden. Sie bewohnt als eine 10 cm hohe Colonie mit etwa hundert Einzeltieren ein nur 3 mm dickes Kieselfadenbündel (*h*) von Hyalonema. Die grössten Polypen sind lange, cylindrische Schläuche, deren Höhe 8—10, deren Breite 3—4 mm beträgt; daneben finden sich Abstufungen bis zu den als kleine Wärzchen von 0,5—2 mm Höhe und 1,5—2,5 mm Breite aus dem Coenenchym aufragenden jungen Anlagen. Alle Tiere sind im Zustande der höchsten Contraction; der horizontale Oberteil des Mauer-

blattes ist mehr oder weniger abgeflacht und zeigt eine kreisförmige Vertiefung. Von radialen Furchen und Riffen ist dieser Teil des Mauerblattes gänzlich frei.

Die Farbe der Colonie ist eine graugelbe.

Das Mauerblatt ist dünner, wie das der vorigen Art; es besitzt in seiner äusseren Zone zwar dieselben Einlagerungen, jedoch in geringerer Anzahl. Die übrigen anatomischen und histologischen Verhältnisse stimmen genau mit denen der vorigen Art überein. Höchstens ist zu erwähnen, dass der Sphincter weniger kräftig ausgebildet ist. Das Mauerblatt ist weniger tief nach innen eingeschlagen; sein Ringsmuskel ist auf dem Querschnitte dementsprechend kurz, zudem gekrümmt und an beiden Enden zugespitzt. — Die Geschlechtsorgane bestanden bei den fünf untersuchten Tieren nur aus Eiern.

Auf die Septenanordnung habe ich vier Polypen untersucht. Zwei von diesen, ein mittelgrosses und ein völlig erwachsenes, waren regelmässig ausgebildet. Das jüngere zeigte bei regelmässiger Anordnung der dorsalen Zone in der ventralen Partie jederseits nur 5, aus Macro- und Microseptum bestehende Paare; im Ganzen besass es also 16 Paare oder 32 Einzelsepten; der andere Polyp besass ventralwärts an einer Seite 6, andrerseits 7 Paare, im Ganzen also hatte es 19 Paare oder 38 Einzelsepten. Die beiden andern unregelmässig septierten Individuen, ein noch sehr junges und ein erwachsenes Tier, zeigten folgende Anordnung:

1) •|•||o|o|o|o|||o|o|o|o•|•

2) •|•o|o|o|o|o|o|o|o|||o|o|ooo|o|o|o|o||•|•

Beide stimmen zunächst darin überein, dass sie eine unvollständige dorsale Zone haben, indem an einer Seite das aus zwei Macrosepten bestehende Paar fehlt. Das zweite Individuum erleidet ausserdem in der Nähe der Macroseptenrichtung eine Verkümmerung eines Macroseptums, so dass an dieser Stelle drei Microsepten aufeinanderstossen. Das verkümmerte Septum ist in der ganzen Höhe der Polypen microseptal; es erreicht weder das Schlundrohr, noch bildet es Mesenterialfäden oder Geschlechtsorgane aus.

---

c. Colonieen auf Schneckenschalen; welche von Einsiedlerkrebsen getragen werden; die Kalksubstanz der Schale wird von dem Coenenchym resorbiert und ersetzt.

Von der Gattung Epizoanthus sind bereits mehrere Arten

beschrieben worden, welche sich auf verschiedenen, von Einsiedlerkrebsen bewohnten Schneckenschalen ansiedeln. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass ihr Coenenchym den kalkigen Teil der Schale mehr oder weniger vollständig resorbiert und schliesslich deren Stelle einnimmt. In dem so geschaffenen coenenchymatösen Ersatzgehäuse lebt der Krebs, unbekümmert um die Veränderungen, die seine Wohnung erlitten, ruhig fort.

Die beiden mir zur Verfügung stehenden Colonieen sind, wie ich aus Vergleichung mit ihren schon beschriebenen Verwandten ersehen habe, ganz neue Arten.

---

6. Species. Epizoanthus sp.?

Fig.: Taf. IV, 7.

Das kalkige Schneckengehäuse ist völlig resorbiert und durch das Coenenchym ersetzt, welches die äussere Form der früheren Schale beibehalten hat; Einzelpolypen bilden lange, cylindrische, seitlich comprimierte Schläuche, deren Mauerblatt sich oben scheibenartig erweitert; von der Mitte der tellerartig vertieften Oberseite verlaufen radiär über den vorspringenden Rand etwa 15—20 Furchen; Mesoderm des Mauerblattes und des ganzen Coenenchyms in seiner vollen Dicke von unregelmässig-eckigen Sandkörnern durchsetzt; Farbe der Colonie grau.

Fundort: von H. M. S. „Triton“; 640 Fuss.

Die vorliegende Art bildet eine Colonie von elf Einzeltieren auf einer 3,5 cm hohen Schale. Die Kalksubstanz der letzteren ist völlig resorbiert und in all' ihren Teilen durch das Coenenchym ersetzt, so dass dieses die Stelle der Kalkschale eingenommen und, wie deutlich zu sehen, auch deren äussere Form beibehalten hat. Nur die Vorderseite, d. h. die bei der Bewegung des Krebses nach vorn gerichtete Partie des coenenchymatösen Gehäuses ist mit Polypen besetzt; die freie Hinterseite lässt die Windungen der verdrängten Schneckenschale noch völlig erkennen. Von den elf Individuen nehmen acht grosse erwachsene Polypen die Randpartie der Seite ein, welche bei der Bewegung des Krebses nach vorn gerichtet ist. Sie bilden lange, cylindrische Schläuche mit einer Höhe von 6—10 mm und einer Breite von 3–5 mm. In dem von ihnen begrenzten mittleren Raum stehen noch drei sehr junge Tiere, welche als gerade, cylindrische Warzen mit einer Höhe von 1,5–2 mm und einer gleichen Breite aus dem Coenen-

chym hervorragen. Es fällt auf, dass die grossen Polypen sich nach vorn überneigen, d. h. ihre Mundscheibe statt nach oben, in eine geneigte, der Bewegung des Krebses entsprechende Richtung stellen, so dass dieselbe die für die Aufnahme der entgegenströmenden Nahrung günstigste Stellung hat. Durch die erwähnte Krümmung sind ausserdem die grossen Tiere nach oben zu seitlich stark comprimiert.

Die ganze Colonie hat ein rauhes chagrinartiges Aeussere; ihre Farbe ist eine graue. Das im Uebrigen glatte Mauerblatt bildet oben eine wagerechte Scheibe, die nicht nur über den senkrechten Teil kapitälartig hervortritt, sondern auch durch eine characteristische Skulptur ausgezeichnet ist. Sie hat ganz und gar das Aussehen eines Tellers mit erhöhtem Rande und vertiefter Fläche; in der Mitte der letzteren liegt der der seitlichen Comprimierung entsprechend spaltenähnliche Eingang in das Innere, der stets als deutliche Oeffnung zu erkennen ist. Von diesem Mittelpunkte aus verlaufen über die tellerartige Oberfläche 15—20 radiale Furchen, die sich ein weniges über den Randwulst hinaus erstrecken und an diesem als tiefe Einkerbungen hervortreten.

An einem mit der Scheere geöffneten und ausgebreiteten Polypen bemerkt man, dass die Septen die ganze Länge des Mauerblattes hinabziehen, ohne dass sie auf den horizontalen Grund des Gastralraumes übergehen. Im untersten Teile des Polypen sind die Septen als kaum hervortretende, jedoch durch ihre helle Färbung auffallende Leisten sichtbar; etwa in Viertelshöhe bilden die Macrosepten die Mesenterialfilamente aus, welche als gelblichweisse, geschlängelte Wülste die freien Microsepten völlig verdecken. Man kann die Scheidewände in ihrer ganzen Länge unverletzt vom Mauerblatt ablösen und für sich untersuchen. Die Stützlamelle der Septen ist sehr dünn und verläuft einfach ohne Höhlung am Grunde; die Mesenterialfäden zeigen den gewöhnlichen Bau. Geschlechtsorgane habe ich bei keinen der untersuchten Tiere entdecken können.

Durch die zahlreichen Incrustationen erlangt das Mauerblatt eine fast steinartige Härte und lässt deshalb keine Untersuchung mittelst der Schnittmethode zu. Hier, wie auch bei einigen andern der folgenden gleichfalls stark incrustierten Formen, wandte ich die von G. v. Koch bei seinen Untersuchungen über die Orgelkoralle erprobte und empfohlene Schliffmethode an.

Das Mauerblatt ist von ansehnlicher Dicke. Sein Mesoderm zeigt insofern einen von den übrigen Epizoanthus abweichenden

Bau, als es in seiner ganzen Breite von Einlagerungen durchsetzt ist. Dieselben bestehen aus unregelmässig-eckigen Sandkörnern, welche, zu einer festen Ringmauer zusammengelagert, das Mesoderm bis auf dünne Lamellen verdrängen; ferner bleibt eine nur sehr schmale, innere Lamelle als Abgrenzung gegen das Entoderm ringsum erhalten. In den homogenen Mesodermblättern sind rundliche, mit feinen Ausläufern versehene Bindegewebskörper, ferner feine, mit Kernen ausgestattete Fasern eingelagert; das Vorhandensein der bei den übrigen Epizoanthusarten anzutreffenden Zellhöfe konnte ich hier nicht constatieren. Ein Querschnitt durch die Schalenwand zeigt eine ähnliche Beschaffenheit des Coenenchyms. Auch dieses ist von ansehnlicher Dicke und in seinem Innern durchsetzt von den grossen, die Gastralräume untereinander verbindenden, entodermalen Röhren.

Das Mauerblatt ist, wie bereits erwähnt, oben in scharfem Winkel umgebogen und bildet so eine tellerartige Oberfläche. Nach innen ist es ganz im Gegensatz zu den übrigen Gattungsgliedern, bei denen es in rechtem Winkel tief nach unten absetzt, nur wenig eingekrümmt. Diese Abweichung ist bedingt durch eine geringe Ausbildung des Sphincters. Derselbe beginnt schmal im wagerechten Teil des Mauerblattes und verdickt sich dann allmählich zu einem unten stumpf abschliessenden, auf dem Querschnitt etwa spindelförmig erscheinenden Muskelcomplex, der nur ein wenig nach innen eingekrümmt ist. Er liegt eingeschlossen in der durch ihn stark verdickten, von Einlagerungen freien, innersten Mesodermlamelle und ist beiderseits begrenzt von einer, innen bis zur Ansatzstelle der Mundscheibe reichenden, die gewöhnlichen Einlagerungen führenden Mesodermschicht, die eine directe Fortsetzung der äusseren Sandschicht bildet.

---

7. Species. Epizoanthus sp.?

Fig.: Taf. IV, 8, 9, 10; V, 10.

Nur die ersten Windungen der Schneckenschale sind resorbiert und vom Coenenchym ersetzt, welch' letzteres eine weichhäutige flache Blase bildet; Einzelpolypen randständig, tief in das knorpelige Coenenchym eingesenkt; Mauerblatt hinten höher als vorne, ohne besondere Sculpturen; Mesoderm des Mauerblattes und des angrenzenden Coenenchyms in seiner äusseren Zone incrustiert, die innere Zone von knorpeliger Beschaffenheit.

Fundort: ? ; 38 Fuss.

Diese Art, welche mit der vorigen gleiche Lebensweise hat, unterscheidet sich von ihr in vielen Teilen. Das Coenenchym bildet eine grosse flache Blase (Taf. IV Fig. 8), welche den bauchigen Unterteil der verdrängten Schneckenschale vertritt; der obere, die letzten vier Windungen enthaltende Theil des Kalkgehäuses (*sch*) ist völlig intact, sowohl was die Substanz als auch die Gestalt betrifft und liegt lose seitlich in der Coenenchymschale. Die frühere Schalenöffnung bildet auch jetzt den Eingang in das Innere. Das blasige Coenenchymgehäuse ist flachgedrückt und nimmt beim Umherkriechen des Krebses eine geneigte Stellung ein, so dass in diesem Zustande an ihm eine Ober- und Unterseite zu unterscheiden ist. An dem halbkreisförmigen Rand, in welchem beide Seiten zusammenstossen, sitzen sieben Polypen nebeneinander angeordnet. Von diesen sind sechs Individuen erwachsen, während das siebente ein noch junges Stadium repräsentiert. Die Höhe der grösseren Tiere schwankt zwischen 5—7, ihre Breite zwischen 4—5 mm; das junge Tier ist 2,0 mm hoch und 2,5 mm breit. Endlich weist die Colonie noch ein achtes Individuum auf, das ganz entfernt von den übrigen, nämlich am hinteren Mündungsrande Platz hat (Fig. 9). Dieselbe auffallende Stellung des einen Polypen der Colonie hat auch Hertwig an dem von ihm beschriebenen Epizoanthus parasiticus beobachten können. Das Tier ist mit seiner im vorliegenden Falle nicht eingezogenen Tentakelkrone nach vorn gerichtet und hat, da es beim Umherkriechen des Krebses über dem Boden emporgehoben wird und so gestellt ist, dass es seine Mundscheibe dem durch die Bewegung verursachten Wasserstrome zukehren kann, immerhin eine günstige Stellung, wenn dieselbe auch, wie sich das in der geringen Grössenausbildung des Polypen kundgiebt, mit der der übrigen Individuen nicht zu concurrieren vermag. Das Bestreben, die Mundscheibe der Bewegungsrichtung möglichst senkrecht entgegenzustellen, ruft bei den randständigen Tieren eine anormale Verzerrung der äusseren Form hervor. Während bei der vorigen Art jenem Bestreben durch eine Krümmung des ganzen Polypen nach vorn genügt wurde, bleibt hier der Polyp selbst in seiner senkrechten Stellung, jedoch erlangt das hintere Mauerblatt eine grössere Höhe als der Vorderteil (Taf. IV Fig. 10); am contrahierten Tier liegt also das den oberen Verschluss bildende umgeschlagene Mauerblatt nicht etwa, wie sonst, wagerecht, sondern neigt sich in steilem Winkel gegen den Horizont. Da sich diese ungleiche Ausbildung der vorderen und hinteren Mauerblatthälfte auch noch auf den nach innen eingeschlagenen

Teil ausdehnt, so gelangt beim nicht contrahierten Tier die Mundscheibe in eine annähernd senkrechte Stellung. — In Bezug auf die äussere Gestalt der Polypen ist noch zu erwähnen, dass ihr Querschnitt, da die hintere Mauerblattwand deutlich abgeplattet ist und mit dem gewölbten Vorderteil in stumpfen Kanten zusammenstösst, bedeutend von der Kreisform abweicht.

Die Polypen sind mit Incrustationen durchsetzt. Während sich letztere bei der vorigen Art auf das ganze Coenenchym ausdehnen, ist dieses hier zum grössten Teil weichhäutig, und nur das an die Polypenbasen unmittelbar angrenzende Coenenchym ist incrustiert, so dass die Ober- und Unterseite des Gehäuses weich bleiben und nur ein breiter Randstreifen und die dem achten Polypen angrenzende Gegend mit Einlagerungen versehen sind. Letztere bilden am Mauerblatt eine äussere feste Rinde, die durch Abschaben mit dem Messer leicht zu entfernen ist. Dieses ist insofern von Vorteil, als man so die immerhin unbequeme Schliffmethode umgehen und zur Untersuchung die einfache Schnittmethode anwenden kann.

Die auf die Sandschicht nach innen folgende weiche Zone des Mesoderms ist von knorpelartigem Aeusseren. Sie zeigt auf Schnitten eine circuläre Streifung, welche die Annahme nahelegt, dass sie in Schichten abgelagert sei. In dieser Grundsubstanz bemerkt man als Einbettungen feine, kernführende, radiär, d. h. vom Entoderm zum Ectoderm verlaufende Fasern; ferner jene schon beschriebenen rundlichen Zellhöfe, die hier in grosser Anzahl und allen Grössenabstufungen vorkommen; endlich führt das Mesoderm hier, wie überall, rundliche und sternförmige Bindegewebskörper. Das Entoderm hat eine starkentwickelte, circulär verlaufende Muskelfaserschicht ausgeschieden.

Das Mesoderm der Septen ist äusserst dünn und lässt an seinem Grunde eine nur schwach ausgebildete Muskelfahne erkennen. Die Mesenterialfäden zeigen den gewöhnlichen Bau. Von Geschechtsorganen habe ich auch hier nichts entdecken können.

Das Mauerblatt ist in scharfem Winkel nach innen eingeschlagen, wobei hervorzuheben ist, dass die — bei der Bewegung — hintere Partie bedeutend weiter nach unten reicht, als der vordere Teil. Den Einfluss dieser ungleichen Ausbildung auf die Stellung der Mundscheibe beim geöffneten Tier habe ich schon erwähnt. Ferner wird durch sie eine Verschiedenheit im Volum der vorderen und hinteren Ringmuskelpartie bewirkt, indem der hintere Sphincterteil in demselben Maasse kräftiger ausgebildet ist, als das hintere Mauerblatt tiefer hinabreicht. Der Ringmuskel ist

mesodermal und einfach. Er beginnt schmal an dem äusseren Umbiegungsrande des Mauerblattes, verdickt sich allmählich gegen den Einschlagsrand und verläuft von hier aus als nicht sehr breiter, gerader Muskelstreif, dessen Fibrillenbündel jedoch ein weniger dichtes Geflecht als bei den übrigen Arten der Gattung bilden.

Das Coenenchym zeigt einen in mancher Hinsicht interessanten Bau. Zunächst ist äusserlich eine Verschiedenheit in der Consistenz zu erkennen. Die Ober- und Unterseite der Schale sind weich und dabei ziemlich dünnhäutig; die letztere ist, jedenfalls infolge des Einflusses des Alkohols stark in Falten gelegt. Gegen die Oeffnung und die Randpartie zu wird das Coenenchym merklich resistenter; an der Mündung verdickt es sich schliesslich zu wulstigen knorpeligen Lippen, während es sich am Rande zu einem halbkreisförmigen Knorpelstreifen umwandelt. In diesem letzteren sind die Polypen bis zu einer gewissen Tiefe eingesenkt, so dass die äussere Höhe keineswegs dem inneren Gastralraum entspricht. Ausserdem ist, wie schon erwähnt, die Randpartie, sowie das den achten Polypen umgebende Coenenchym durch zahlreiche äussere Einlagerungen stark erhärtet, während die Ober- und Unterseite des Gehäuses weich bleiben. Das Coenenchym ist beiderseits, sowohl nach aussen als auch nach dem Hohlraum des Gehäuses zu begrenzt vom Ectoderm, welches das wohlausgebildete Mesoderm umschliesst. In letzterem fallen zunächst grosse, mit Entoderm ausgekleidete Verbindungsröhren in die Augen. Dieselben stossen zu regelmässigen, mit blossem Auge deutlich wahrnehmbaren Polyedern zusammen, so dass das ganze Coenenchym zierlich gefeldert erscheint. Auf Querschnitten liegen sie stets dem das Innere der Schale auskleidenden Ectoderm genähert und behalten von demselben eine ganz bestimmte Entfernung, so dass durch diese Gefässschicht das Coenenchym in eine obere breitere und eine untere schmale Zone geschieden wird. Bis an diese Gefässschicht sind die Polypen dem Coenenchym eingesenkt, so dass ihr Gastralraum direct mit dem die ganze Colonie durchziehenden Canalsystem communiciert.

Das Mesoderm der oberen Zone hat eine faserige Beschaffenheit angenommen, indem grössere, Bündel von Einzelfasern darstellende Faserzüge das Coenenchym durchziehen. Das Mesoderm der unteren Zone ist frei von ihnen, nur unterhalb der Gefässschicht zieht sich ein ununterbrochener Strang hin und zwar in solcher Nähe der entodermalen Röhren, dass diese ihm direct aufliegen. Ein eben solcher fortlaufender Faserzug erstreckt sich

in der oberen Zone dicht unter dem äusseren Ectoderm. Die kleineren Faserzüge oberhalb der Gefässschicht verlaufen nicht parallel, sondern sind vielfach gewellt. Dies kommt daher, dass sie die zwischen ihnen in der homogenen Grundsubstanz liegenden, zahlreich vorkommenden ectodermalen Zellhöfe umgehen müssen, welche so zwischen den einzelnen Fasersträngen eingekeilt liegen. Die Zellinseln finden sich auch in der unteren homogenen Zone, jedoch hier nur in geringer Anzahl. — Im ganzen Mesoderm verstreut liegen zahlreiche verästelte Bindegewebskörper, während die kernhaltigen Fasern nur sehr sparsam vorkommen und nicht etwa von Ectoderm zu Ectoderm, sondern stets nur circulär verlaufen.

An dem dünnhäutigen Coenenchym der Ober- und Unterseite ist das Mesoderm nur mässig entwickelt; an den knorpeligen Stellen hat es jedoch eine bedeutende Mächtigkeit, welche der stark ausgebildeten oberen Zone zuzuschreiben ist; diese knorpelartigen Teile haben ein helles opalisierendes Aeussere. Das incrustierte Coenenchym besitzt endlich an seiner oberen Zone noch eine äusserste, von Einlagerungen durchsetzte Schicht, während das übrige Mesoderm seine knorpelige Consistenz behält.

Das zarte nach aussen grenzende Ectoderm des Coenenchyms ist durch die vielfachen Berührungen völlig abgerieben; der innere, den Hohlraum auskleidende Epithelbeleg ist dagegen sehr gut erhalten und zeigt in seinem Verhalten zur Cuticula sehr interessante Erscheinungen (Taf. V Fig. 10). Auch Hertwig hat dieselben an Epizoanthus parasiticus beobachtet, jedoch zum Teil irrig gedeutet. Hertwig sagt: „Der vom Coenenchym umschlossene Hohlraum des Schneckenhauses ist austapeziert von einer chitinösen Membran, welche der dünnen Lage des Coenenchyms überall fest anschliesst und eine besondere Structur besitzt. Zwei Blätter sind durch einen Zwischenraum von einander getrennt und durch senkrechte, einander parallele Scheidewände, welche den Zwischenraum in zahlreiche Röhren und prismatische kleinere Räume einteilen, verbunden. Ob diese chitinöse Membran der letzte Ueberrest der Schneckenschale ist, oder eine cuticulare Bildung, ausgeschieden vom Oberflächenepithel der Zoanthee, lasse ich unentschieden.“ Zunächst ist hervorzuheben, dass die „chitinöse Membran“ nichts weiter als die stark entwickelte, faserig erscheinende Cuticula (*cv*) darstellt. Dieselbe entsendet, wie auf Querschnitten zu sehen, in gewissen, ziemlich regelmässigen Zwischenräumen senkrechte Ausläufer (*a*) in das Ectoderm, welche sich am Mesoderm T förmig

(*b*) ansetzen. Die Horizontalbalken zweier benachbarter senkrechter Pfeiler stossen entweder aneinander, wobei in den meisten Fällen eine deutlich trennende Naht sichtbar bleibt, selten jedoch eine Verwachsung der Enden eintritt, oder sie lassen einen geringen Zwischenraum zwischen ihren Enden. Die Gesammtheit dieser Horizontalbalken hat Hertwig für eine ungetrennte Lamelle angesehen und demzufolge auch das interessante Verhalten des Epithels ausser Acht gelassen. Auf dieses wirkt nämlich die Ausbreitung der Cuticula am Mesoderm so ein, dass die Querbalken je zweier benachbarter Träger die Ectodermzellen vor sich herschieben und schliesslich auf einen Punkt zusammendrängen, von welchem dann die hohen, fadenförmigen Zellen büschel- oder bouquetartig in das Innere der prismatischen Cuticularkammern vorragen (*ec*). Das so geschilderte Bild erhält man auf Querschnitten, die senkrecht durch das Coenenchym von dem Rande zur Mündung geführt werden; ein auf diese Richtung senkrechter, d. h. dem Rande paralleler Schnitt, zeigt die Cuticula als zwei völlig getrennte, nicht durch senkrechte Balken verbundene Lamellen, welche durch die äussere fortlaufende Membran und ihren T förmigen Verbreiterungen am Mesoderm gebildet werden; die verbindenden Pfeiler werden auf solchen Schnitten nur von der Fläche getroffen. Hieraus erhellt, dass die von der äusseren Cuticula zum Mesoderm entsandten Ausläufer als in einer Richtung, nämlich von der Randpartie zur Mündung verlaufende, ungeteilte Lamellen aufzufassen sind.

Die ganze complicierte Einrichtung ist jedenfalls als Präservativ für das zarte Ectoderm zu betrachten, denn ohne diese cuticulare Schutzvorrichtung würde der von dem Bewohner der Schale ausgeübte Druck, noch vielmehr aber die beständige Bewegung des Krebses innerhalb seines Gehäuses den zarten Zellbelag unzweifelhaft zerstören. An dem äusseren Ectoderm ist daher die Cuticula nur eine einfache dünne Lamelle; dieselbe nimmt nach innen zu, wie das am besten an Querschnitten durch den Mündungsrand zu beobachten ist, allmählich an Dicke zu; sendet dann in anfangs noch sehr weiten Zwischenräumen zarte Ausläufer gegen das Mesoderm, welche das Ectoderm noch völlig intact lassen. Dann beginnen sich die mit der Cuticula immer dicker werdenden Pfeiler am Mesoderm zu verbreitern und führen endlich zu dem Bilde, wie es oben geschildert ist.

Das Verhältnis der Cuticula zum Ecto- und Mesoderm bei Epizoanthus erinnert an das entgegengesetzte Verhalten bei Zoan-

thus und Mammilifera, wo Ausläufer des Mesoderms durch das Ectoderm gegen die Cuticula vorragten. Doch während es sich bei Epizoanthus um fortlaufende, von der Cuticula ausgehende Lamellen handelt, bilden bei Zoanthus die Mesodermfortsätze nur einzelne dünne Pfeiler, welche sich an der Cuticula mit verbreiterten Enden ansetzen.

IV. Genus. Palythoa Lamouroux.

Zoanthiden, deren Mesoderm in seiner äusseren Zone von Fremdkörpern durchsetzt ist; Coenenchym wenig ausgebildet; band- oder zungenförmig; Septenstellung nach dem Macrotypus; Ringmuskel entodermal; Mesoderm mit zellerfüllten Höhlungen und Canälen; Colonien bewohnen Molluskenschalen und Hartgebilde niederer Thiere.

Spec. Palythoa Axinellae Schmidt.

Fig.: Tafel V, 9.

Diese am meisten bekannte Palythoaart ist in dem mir zur Verfügung stehenden Material nicht vertreten; es war mir jedoch sehr interessant, dieselbe auf zwei, im Bonner naturhistorischen Museum aufbewahrten Axinellaarten, der A. verrucosa und der A. damiformis zu entdecken, da mir so wertvolle Vergleichsmomente mit Epizoanthus einerseits und den mir zu Gebote stehenden Palythoaarten andrerseits und damit zugleich neue Beweisgründe für die Berechtigung der vorgenommenen Trennung zwischen Epizoanthus und Palythoa gegeben wurden. Ohne mich auf eine Detailschilderung dieser schon hinlänglich beschriebenen Art einzulassen, will ich nur solche Momente hervorheben, die zur Characteristik der Gattung dienen können.

Während bei allen Epizoanthusarten das Coenenchym das Substrat meist ganz oder doch auf weite Strecken als flächige, zusammenhängende Lamelle überzieht, besitzt Palythoa Axinellae ein im Verhältnis zu seiner Unterlage nur geringe Grösse zeigendes, band- oder zungenförmiges Coenenchym, dem die Polypen in geringer Anzahl und meist in einer Reihe angeordnet aufsitzen. Die einzelnen Colonien stellen so kleine Gruppen dar, welche auf der Spongie in grosser Zahl, doch getrennt von einander, angebracht sind.

Von den anatomischen Verhältnissen will ich nur die wichtig-

sten Momente herausgreifen. Das Mauerblatt zeigt eine äussere, mit mannigfachen Einlagerungen, meist jedoch mit Spongiennadeln incrustierte harte, und eine innere, der Einlagerungen entbehrende, weiche Schicht. Letztere lässt mich keine weiteren Differenzierungen erkennen; ich muss annehmen, dass die überlange Conservierung in schlechtem Alkohol zersetzend auf das weiche Mesoderm gewirkt hat, da die nächsten Verwandten eine hochgehende Differenzierung der Zwischensubstanz aufzuweisen. Die Septen ragen als dicke, birn- oder citronförmige Gebilde mit dünner Basis aus dem Mauerblatt; ihr Mesoderm verläuft ungeteilt.

Die Anordnung der Scheidewände schliesst sich dem Macrotypus an. Die Geschlechtsorgane bestanden bei den beiden untersuchten Tieren nur aus Hodenfollikel. Der Ringmuskel ist entodermal, d. h. er besteht aus einer einfachen, vom Entoderm ausgeschiedenen Muskellamelle (Taf. V Fig. 9).

Die beiden Palythoaarten des Challangermaterials befinden sich zusammen in einem Glase, dem ein Zettel, der ausser den gewöhnlichen Angaben noch die Worte enthält: „attached to Corals“ aufgeklebt ist; in dem Gefäss selbst liegt ein Papier mit der Bemerkung: „attached to Cariophyllia profunda and Lophohelia prolifera;“ welcher Koralle jedoch die eine und welcher die andere Zoanthee entnommen ist, darüber lassen mich die Angaben in Zweifel. Aeusserlich schliessen sich zunächst beide Arten an Palythoa Axinellae, noch mehr aber an Palythoa arenacea an, wech' letztere mit ihrem schmalen bandförmigen Coenenchym verschiedene Schneckenschalen überzieht. G. Müller, welcher sowohl Palythoa Axinellae als auch Palythoa arenacea untersucht hat, kommt zu dem Resultate, dass zwischen beiden ausser der Grösse und Färbung kaum ein anderes, weder äusseres noch anatomisches Unterscheidungsmerkmal existiere. Wie wir sehen werden, stimmen die beiden neuen Arten in anatomischer Hinsicht gänzlich mit Palythoa Axinellae überein — kurzum die bis jetzt hinreichend untersuchten Palythoen bilden eine gegen die übrigen Zoanthiden, speciell gegen Epizoanthus, scharf abgegrenzte Gattung.

8. Species Palythoa sp.?

Fig.: Taf. IV, 11.

Einzelpolypen bilden hohe, cylindrische Schläuche; Mauerblatt oben wulstig vorspringend mit 15—20 radiär verlaufenden, sich über den Rand-

wulst erstreckenden Furchen; incrustierte Schicht des Mesoderms dünn, die weiche Zone dagegen stark entwickelt; Farbe gelb; Colonie auf Korallen.

Fundort: Inaccessible Island, 60—90 Fuss.

Für die definierte Art geht aus dem vorhandenen Material, welches mit wenig Sorgfalt losgelöst scheint, die Lebensweise der Tiere nicht mit Sicherheit hervor. Der grösste Teil besteht aus Einzeltieren, denen man die gewaltsame Lostrennung aus dem Verbande der Colonie ansieht. Eine Gruppe, die allem Anschein nach eine vollständig intacte Colonie repräsentiert, setzt sich aus vier Einzelpolypen zusammen. Dieselben sitzen einem dünnen, sich bandartig erstreckenden Coenenchym in einer Reihe und in geringen Zwischenräumen angeordnet auf. Die Grösse der Tiere beträgt 4—8, ihre Breite 2,5—4 mm. Alle Polypen sind stark contrahiert; das Mauerblatt bildet in diesem Zustande oben einen stumpfeckig nach aussen vorspringenden Wulst, dessen obere Fläche eine durch eine kreisrunde Furche gekennzeichnete Erhebung zeigt, in deren Mitte sich der Eingang in das Innere erkennen lässt. Von dem Mittelpunkte dieses Oberteils strahlen 15—20 radiäre Furchen aus, die über den vorspringenden Wulst hinaus sich auf das senkrechte Mauerblatt erstrecken, wo sie sich dann verflachen. Die Farbe der Polypen ist eine schmutzig gelbe.

Das Integument ist mit Einlagerungen versehen und zeigt ein rauhes chagrinartiges Aeussere. Hat man die nur dünne Sandschicht durch Abschaben entfernt, so bleibt der dickere weiche Teil des Mauerblattes zurück, der die Ausführung von Längs- und Querschnitten mittelst des Rasiermessers vortrefflich gestattet.

Das weiche Mesoderm ist von beträchtlicher Dicke und besteht aus einer homogenen Grundsubstanz. In dieser fällt zunächst die sehr grosse Anzahl mit Zellen erfüllter Höhlungen in die Augen. Dieselben können einfach bleiben, d. h. ihre rundliche oder elliptische Gestalt behalten, oder sich, wie in den meisten Fällen, verzweigen und dann ein ganz an Zoanthus erinnerndes System anastomosierender Canäle darstellen. Unterhalb des Entoderms zieht sich ein solcher Canal fast ununterbrochen durch das ganze Mauerblatt; derselbe liegt so dicht unter dem Epithel, dass er von diesem nur durch eine schmale Lamelle homogener Grundsubstanz getrennt ist. Er verläuft nicht etwa im ganzen Umkreis in gleicher Breite, sondern ist vielfach eingeschnürt; selten jedoch führt eine solche Einschnürung zu einer wirklichen Unterbrechung.

Bemerkenswert ist ferner, dass der Canal jedesmal unter einer Septeninsertion eine bedeutendere, höhlige Anschwellung zeigt. An manchen Stellen lässt sich eine Communication der kleineren verzweigten Zellcanäle mit dem grossen Ringcanal wahrnehmen, welch' letzterer an solchen Stellen trichterartig ausgebuchtet erscheint. Ferner finden sich im Mesoderm noch zahlreiche, feine Ausläufer entsendende Bindegewebskörper, endlich noch zarte, kernführende Fasern, welche jedoch hier nicht radiär, sondern vorzugsweise circulär verlaufen.

Der Bau des Coenenchyms schliesst sich dem des Mauerblattes, abgesehen von der Anwesenheit der entodermalen Verbindungsröhren, in allen Teilen an.

Das Mesoderm der Septen ist wohl ausgebildet und lässt eine gut entwickelte Muskelfahne erkennen. Die Geschlechtsorgane, welche das von mir untersuchte Individuum in seiner Stützlamelle führte, bestanden aus Eiern. Die Mesenterialfäden zeigen den gewöhnlichen Bau.

Die Septenanordnung führte sich auf den Macrotypus zurück. Das untersuchte Tier besass 36 Septen, von denen 5 Paare auf die dorsale, 13 Paare auf die ventrale Zone kamen; in letzterer ordneten sich jederseits von den Richtungssepten 6 aus Macro- und Microseptum bestehende Paare regelmässig an.

Das Mauerblatt ist in rechtem Winkel nach innen eingeschlagen. An der Innenseite dieses Teiles lässt sich ein ausgesprochen entodermaler Ringmuskel erkennen. Die Einfaltungen der entodermalen Muskellamelle treten hier noch deutlicher als bei Palythoa Axinellae hervor; sie bewirken am Mesoderm geweihartige weit vortretende Zacken. Die Einlagerungen setzen sich auf den eingeschlagenen Mauerblattteil fort, hören jedoch am unteren Rande, wo die Mundscheibe inseriert, auf.

---

9. Species. Palythoa sp.?

Der vorigen Art sehr ähnlich; jedoch Einlagerungen sehr zahlreich; Sandschicht daher beträchtlich dick; weiche Zone des Mesoderms nur von geringer Ausdehnung; Farbe dunkel graubraun.

Fundort: Inaccessible Island; 60—90 Fuss.

Auch bei dieser Art besteht der grösste Teil des Materials aus losgelösten Einzeltieren; eine unzweifelhaft unversehrte Colonie repräsentierte drei Individuen, welche auf einem bandartigen Coe-

nenchym hintereinander angeordnet waren. Die Tiere unterscheiden sich von der oben beschriebenen Art äusserlich nur durch ihre Farbe, welche in diesem Falle eine dunkelgraubraune ist; ferner lässt sich aus der grösseren Festigkeit und Unebenheit des Mauerblattes erkennen, dass die Zahl der Einlagerungen eine grössere ist. Das Mauerblatt zeigt im Gegensatz zur vorigen Art, wo das Verhältnis ein umgekehrtes, eine beträchtliche, mit Einlagerungen erfüllte Zone gegenüber einer nur gering ausgebildeten, weichen Schicht des Mesoderms. In letzterer zieht sich sehr nahe unter dem Entoderm ein oftmals eingeschnürter, jedoch selten unterbrochener Zellcanal hin; nach aussen von diesem folgen fast unmittelbar die Einlagerungen, so dass von den zahlreichen, bei der verwandten Art beobachteten Canälen und Höhlungen nur wenige rundliche Zellinseln erhalten bleiben.

V. Genus. Corticifera Lesueur.

Incrustierte Zoanthiden, deren Einzelpolypen, dicht gedrängt stehend, bis oben einem gemeinsamen Coenenchym eingesenkt sind; Septenstellung nach dem Microtypus; Ringmuskel mesodermal einfach; Mesoderm von ectodermalen Zellinseln durchsetzt.

Eine Corticiferencolonie kann man sich abgeleitet denken aus einer Epizoanthuscolonie, bei der das dünne, lamellöse Coenenchym sich nach oben beträchtlich verdickt und schliesslich bis zur Höhe der Einzelpolypen vordringt, so dass diese ihrer ganzen Länge nach durch das Coenenchym verkittet werden. Die Einzelpolypen stellen sich als oben offene, unten geschlossene Cylinder aus Mesoderm dar, die nach innen von Entoderm ausgekleidet sind; sie liegen nahe aneinander, ohne sich jedoch seitlich zu berühren. Der ganze Raum, den sie zwischen sich lassen, ist von einer mesodermalen Coenenchymmasse ausgefüllt, welche die Polypen fast ihrer ganzen Länge nach verkittet; nur der oberste Teil des Mauerblattes mit der Mundscheibe ragt frei aus dem Coenenchym hervor. Im contrahierten Zustande, wo derselbe horizontal umgebogen und zum Teil nach innen eingeschlagen ist, bildet die Colonie eine fast ebene Oberfläche. Das Coenenchym bildet ferner um das ganze Aggregat von Einzeltieren, d. h. an dessen Unterfläche und Seitenwänden, einen ansehnlichen Beleg. Das so geschaffene Ganze endlich ist nach aussen von dem Ectoderm be-

grenzt, welches also die Unterseite, die Seitenwände und die Oberfläche der Colonie überzieht, an letzterer sich nach innen über die eine Seite der Mundscheibe und des Schlundrohrs fortsetzt, wo es dann am Rande des letzeren in das Entoderm übergeht. Unter allen Zoanthiden zeigen die Corticiferen die innigste Vereinigung ihrer Einzeltiere, welche dem gemeinsamen Coenenchym bis oben hin eingesenkt und durch dasselbe in ihrer ganzen Länge untereinander verkittet werden. Da auf diese Weise die Polypen individuell fast gar nicht hervortreten, anatomisch die Arten der Gattung völlig übereinstimmen, so ist eine Characteristik der einzelnen Formen, besonders auf Grund des contrahierten Materials, nur schwer zu geben; ebenso ist eine Vergleichung mit bekannten und beschriebenen Arten, die meist nach lebendem Material bestimmt sind, fast unmöglich.

---

10. Species Corticifera sp.?

Fig.: Tafel IV,12.

Einzelpolypen auf der gemeinsamen Oberfläche als ringförmige Wülste erkennbar.

Fundort; Bermudas, Shallow water.

Die mir zur Verfügung stehende Colonie bildet ein flaches, viereckiges, rindenähnliches Gebilde, das etwa 16 cm lang und 7 cm breit ist. Es stellt kein abgeschlossenes Ganze dar, sondern ist nur ein aus einem grösseren Complex herausgerissenes Stück mit etwa 400 Einzeltieren, die eine äussere Höhe von 10—15 und eine Breite von 4—5 mm zeigen. Es muss jedoch hervorgehoben werden, dass die äussere Höhe der Polypen keineswegs der inneren entspricht, da das Coenenchym auf der Unterseite einen dicken Beleg bildet, so dass von der Gesammthöhe der Tiere nur etwa die Hälfte auf den Gastralraum, die andere Hälfte jedoch auf die untere Coenenchymlage kommt. Alle Individuen sind stark contrahiert; ihr Mauerblatt ist tief nach innen eingeschlagen. Der Umschlagsrand ragt über die gemeinsame Oberfläche als ringförmiger, flach aufliegender Wulst hervor, in dessen Mitte der mehr oder weniger geöffnete Eingang in das Innere liegt. An dem unverletzten Rande treten die Einzeltiere als seichte Wölbungen hervor.

In dem an das Ectoderm angrenzenden Teil des Coenenchyms sind zahlreiche Einlagerungen vorhanden, welche eine äussere

feste Hülle zu Stande bringen. Den Hauptteil der Incrustationen bilden unregelmässig geformte Kalkkörper; ausserdem finden sich in sparsamer Zahl Foraminiferenschalen und Radiolariengehäuse, endlich zahlreiche und mannigfache Spongiennadeln. In dem zwischen den Polypen liegenden Coenenchym sind die Einlagerungen nur wenig vertreten; sie füllen hier einzelne zerstreut liegende, nach dem Entkalken als weite Lacunen sichtbare Höhlungen aus. Der übrige Teil des Coenenchyms ist weich. In seiner homogenen Grundsubstanz treffen wir zunächst grosse, mit pigmentierten Epithel ausgekleidete Canäle, welche das Coenenchym nach allen Richtungen durchsetzen. Besonders zahlreich sind diese Canäle in dem unteren Coenenchymbeleg, der durch sie eine netzartige, spongiöse Beschaffenheit erhält, vertreten. Wie sich auf Längsschnitten ergiebt, sind diese Röhren directe, von der Polypenbasis ausgehende Ausläufer des Gastralraumes, die sich von hier aus nach oben durch das ganze Coenenchym erstrecken und somit den bei allen Zoanthiden zu findenden entodermalen Communicationsröhren gleichzuachten sind. Das mesodermale Coenenchym führt ferner als Einbettungen zahlreiche mit Epithel ansgekleidete, rundliche Zellinseln, in welchen wir die Anlage der bei Epizoanthus beschriebenen ectodermalen Zellhöfe zu betrachten haben. Das ganze entodermale Epithel ist mit dunklen Körnchen pigmentiert, desgleichen die grossen ectodermalen Verbindungsröhren. Gänzlich frei von den Pigmentkörnchen sind jedoch die erwähnten rundlichen Zellaggregate; dieses verschiedene Verhalten giebt den indirecten Beweis, dass letztere auf keinen Fall entodermalen Ursprungs, sondern nur ectodermale Gebilde sein können. Endlich führt das weiche Coenenchym feine, vom Entoderm beginnende, kernführende Fasern und wie gewöhnlich zahlreiche, mit feinen Ausläufern versehene Bindegewebskörper.

Die Hauptmasse der ganzen Colonie ist als Coenenchym anzusehen; auf die Einzeltiere kommt nur ein nach innen vom Entoderm austapezierter Mesodermcylinder von geringer Dicke und homogener Beschaffenheit. Die Stützlamelle der Septen ist ebenfalls nur schwach entwickelt. Am Grunde umschliesst dieselbe einen mit Zellen erfüllten Canal, der sich bei den Makrosepten durch Queranastomosen mehrfach teilen kann. Die Muskelfahnen sind wohlausgebildet und treten besonders an den grossen Septen als verästelte Vorsprünge, die eine weite Strecke des Septums einnehmen, hervor. Ueber die Mesenterialfäden ist nichts besonderes zu berichten. Geschlechtsorgane fand ich bei keinem

der untersuchten Tiere ausgebildet. Das Schlundrohr ist birnförmig mit deutlich ausgeprägter Schlundrinne.

Der Ringmuskel ist mesodermal, einfach und nur schwach entwickelt. Er beginnt schon sehr früh im horizontalen Teil des Mauerblattes und verläuft dann, ohne sich sonderlich zu verdicken, als schmaler Streif bis in den untersten Teil des eingeschlagenen Mauerblattes.

In Bezug auf die Septenanordnung habe ich fünf Individuen untersucht. Die Scheidewände, deren Zahl nicht sehr bedeutend, zeigen in ihrer Stellung den characteristischen Microtypus.

	Septenpaare		Septenzahl
	einerseits	andererseits	
1.	8	7	34
2.	9	6	34
3.	8	8	36
4.	9	9	40
5.	9	9	40

11. Species Corticifera sp.?

Fig.: Taf. IV,13.

Oberteil des Mauerblattes der Einzelpolypen flachpolyedrisch, mit zarten radiären Furchen.

Fundort: Simons Bay; 10—20 Fuss.

Von dieser Art besitze ich eine Colonie mit etwa 40 Einzeltieren; dieselbe bildet ein geschlossenes Ganze, da das Ectoderm ringsum unverletzt erhalten ist. Die Polypen verschmälern sich nach unten, wodurch, da sie fest aneinander gelagert sind, eine keilförmige Gestalt des Ganzen bedingt wird. Bei grosser Oberfläche ruht doch die Colonie auf verhältnismässig geringer Unterlage, so dass die randständigen Tiere fast wagerecht zu liegen kommen.

Die grösseren Individuen haben eine äussere Höhe von 6—8, und eine obere Breite von 5 mm; zwischen ihnen befinden sich kleinere Tiere mit einer oberen Breite von 2—4 mm eingeklemmt.

Der Hauptunterschied dieser von der vorigen Art liegt ausser in der geringeren Grösse der Einzeltiere noch in der Beschaffenheit des oberen, umgeschlagenen Mauerblattes. Während dasselbe bei der eben beschriebenen Corticifera einen ringförmigen, über die Oberfläche vorragenden Wulst bildet, ist hier das den oberen

Verschluss bildende Mauerblatt ganz flach und zeigt, da die Polypen dicht gedrängt stehen, eine unregelmässig-eckige Gestalt. In der Mitte dieser Polygone liegt der als punktförmige Vertiefung kenntliche Eingang in das Innere, von dem aus über das oberflächige Mauerblatt zahlreiche sehr zarte Furchen sich radiär erstrecken. Im Uebrigen unterscheidet sich diese Art weder äusserlich noch anatomisch von der vorhergehenden.

Von den beiden auf die Septenstellung untersuchten, den regelmässigen Microtypus zeigenden Individuen besass das eine ventral beiderseits 6 Paare, im Ganzen also 18 Paare oder 36 Einzelsepten; das zweite Exemplar führte ventral einerseits 6, andererseits 5 Paare, hatte also im Ganzen 17 Paare oder 34 Einzelsepten.

Zweite Familie Sphenopidae.

Einzellebende Zoantheen, welche mit ihrem abgerundeten Körperende im Sande stecken oder mit einer Art Haftscheibe am Boden festsitzen.

In seinem System der Zoantheen führt Gray vier Gattungen, welche solitär bleiben. Indessen nur von einer derselben ist die Zugehörigkeit zu den Zoantheen erwiesen und zwar von der Gattung Sphenopus durch R. Hertwig, der an einer neuen Art, dem Sphenopus arenaceus, den Zoantheencharacter der Gattung, wie er besonders durch die Septenstellung bedingt ist, dargethan hat.

VI. Genus. Sphenopus Steenstrup.

Sphenopiden mit dickem Mauerblatt, dessen Mesoderm in seiner äusseren Zone mit Einlagerungen versehen ist; Septenstellung nach dem Microtypus; Ringmuskel mesodermal einfach; Mesoderm mit linsenförmigen ectodermalen Zellhöfen.

12. Species Sphenopus sp?

Fig.: Taf. IV, 14, 15, 16.

Körper gegliedert in oberen blasigen Rumpf, langgestreckten schmalen Fuss und breite sohlige Haftscheibe; von der Spitze verlaufen über den oberen Teil des Rumpfes etwa 10—12 undeutliche grobe Furchen; Farbe grau.

Diese Art ist in manchen Teilen von den schon bekannten

Sphenopus marsupialis Steenstrup und Sphenopus arenaceus Hertwig verschieden. Ein ausgewachsenes Tier lässt eine äussere Differenzierung in drei Teile erkennen. Den ansehnlichsten Teil eines solchen Polypen bildet der obere blasenartige „Körper“ (Taf. IV Fig. 14, 15, 16), der die Organe der Ernährung und Fortpflanzung in sich birgt. An ihm hebt sich durch mehr oder weniger deutliche Querfaltung ein durch grobe, radiäre Furchen ausgezeichneter oberster, haubenartiger Teil (*k*) ab. Der Körper ruht auf einem langen schmalen „Fuss“ (*f*), von welchem er durch eine deutliche Furche scharf abgesetzt ist. Der Fuss endlich verbreitert sich an seiner Basis zu einer Art „Haftscheibe“ (*h*). Die drei Tiere dieser Art, welche mir zur Verfügung stehen, repräsentieren verschiedene Altersstadien. An dem ältesten Individuum (Fig. 14) ist der blasige Körper (*r*) durch die Aufbewahrung in Alkohol unregelmässig contrahiert und hat ein faltiges Äussere, ausserdem zeigt er eine seitliche Comprimierung. Der durch undeutliche Einschnürung abgesetzte Kopfteil (*k*) ist stark höckerig und besitzt etwa zwölf grobe, durch verwischte und unterbrochene Furchen getrennte, radiär verlaufende Erhebungen. Die Höhe des Körpers beträgt 2,5 cm., seine grösste Breite etwa 2,4 cm. Durch eine kreisrunde Furche scharf von ihm abgesetzt ist der drehrunde Fuss (*f*), dessen Durchmesser oben 1,2 cm beträgt. Leider ist derselbe abgebrochen, so dass ich weder über die Gesammtlänge noch über die Haftscheibe dieses Tieres Genaueres angeben kann. Das zweite Individuum (Fig. 15) stellt ein mittleres Altersstadium dar. Seine Totalgrösse beträgt 3,2 cm., wovon 2,0 auf den Körper und 1,2 cm. auf den Fuss kommen. Ersterer ist in seiner Mitte, wo er auch die grösste Breite, nämlich 2 cm., hat, einerseits eingedrückt, während die andere Seite stark vorgewölbt ist. Nach oben verschmälert er sich allmählich in den undeutlich radiär gefurchten Kopfteil und ebenso allmählich nach unten in den Fuss. Dieser ist drehrund und hat einen Durchmesser von 0,5 cm. Die sohlige Haftscheibe besitzt an ihrer Basis eine Breite von 0,9 cm. Der dritte, noch junge Polyp (Fig. 16) besteht zum Hauptteil aus dem Körper, der oben, ohne besonders abgesetzten Kopfteil, flach und kreisförmig, an seinem Umfange jedoch faltig eingedrückt ist; seine Höhe beträgt 2,4, seine Breite 2,0 cm. Nach unten geht er allmählich in den rudimentären, rund und ohne Haftscheibe endenden, nur wenige Millimeter hohen Fuss über.

Zur Untersuchung benutzte ich das mittlere, völlig erhaltene

Exemplar. Ein den Polypen in zwei Hälften teilender Längsschnitt zeigt zunächst folgendes: Die Septen ziehen sich im Fusse als hellgefärbte, schmale, kaum ins Innere vortretende Leisten auf dem dunklen Mauerblatt hin; sie erstrecken sich auch auf die horizontale Fussscheibe und erscheinen hier als radiale Lamellen, die im Centrum der flachen Basis zusammentreffen. Erst beim Uebergange in den breiten Körper finden sich die Mesenterialfilamente an den Septen ein. Dieselben bilden einen dicken, fast das ganze Innere erfüllenden Beleg und verdecken die Septen vollständig. Das ziemlich dicke Mauerblatt lässt auch mit blossem Auge die Zusammensetzung aus zwei Schichten, einer äusseren, wegen der Einlagerungen körnig erscheinenden und einer inneren glänzenden, von Einlagerungen freien, weichen Zone erkennen; ferner ist zu beobachten, dass das Mengenverhältnis der incrustierten zur weichen Schicht, je nach der Höhenregion verschieden ist, dergestalt, dass am oberen Körper beide Teile etwa gleich stark ausgebildet sind, während mit zunehmender Tiefe die festen Bestandteile zahlreicher werden und im Fusse schliesslich zu einem gänzlichen Verschwinden der weichen Zone führen. Oben ist das Mauerblatt in scharfem Winkel nach innen ziemlich tief eingeschlagen. Die Einlagerungen setzen sich an diesem eingeklappten Teil rundum bis zur Ansatzstelle der Mundscheibe, die hoch am inneren Rande inseriert, ununterbrochen fort. Das Schlundrohr reicht tief nach unten hinab und zeichnet sich durch eine Schlundrinne von bedeutender Tiefe aus.

Ein querer Schnitt durch die Schlundrohrgegend lässt die Septenanordnung auch mit blossem Auge erkennen. Da der ausgeführte Längsschnitt beiderseits die Mitte zwischen je zwei Septen getroffen hatte, so waren die Scheidewände vollständig erhalten und die Zusammensetzung der beiden Querschnitthälften gab ein unversehrtes Bild von der Stellung der Septen. Dieselbe ordnete sich dem Microtypus unter. Im Ganzen waren 60 Septen vorhanden; von diesen kamen nach Abzug der regelmässig ausgebildeten dorsalen Paare auf die ventrale Zone jederseits von den Macrorichtungssepten 12 aus Macro- und Microseptum bestehende Paare.

Zur Erkennung der genaueren anatomischen Verhältnisse wandte ich die Koch'sche Schliffmethode an.

Das Integument setzt sich, wie schon hervorgehoben, aus einer inneren weichen und einer äusseren mit Einlagerungen durchsetzten Zone zusammen. Letztere bestehen zum grössten Teil

aus hellen, eckigen Sandfragmenten; dann finden sich mannigfache unbestimmbare, verschieden gefärbte Mineralsplitter, endlich auch in sparsamer Zahl Spongiennadeln und Foraminiferenschalen. Alle diese Körper liegen bunt durcheinander, jedoch sehr dicht zusammen, so dass sie eine feste äussere Rinde bilden; zwischen sich lassen sie nur dünne Mesodermlamellen bestehen, welchen ausser wenigen sternförmigen Bindegewebskörpern noch feine, kernführende Fasern eingebettet sind. Die von Einlagerungen freie, weiche Mesodermzone besteht aus homogener Grundsubstanz. In dieser fallen zunächst scharf umschriebene, linsenförmige Zellinseln auf, welche in sehr grosser Anzahl und verschiedener Grösse dem Mesoderm eingelagert sind. Besonders umfangreich sind sie in der Nähe des Entoderms, während sie sich aussen in allen Grössenabstufungen bis zu feinen spindelartigen Gebilden vorfinden. Die Richtung der Längsaxe dieser Zellinseln ist stets eine circuläre. Äusserst zahlreich im Mesoderm sind die kernführenden Fasern vertreten; sie erstrecken sich vom Entoderm nach aussen und zeigen teils einen geraden, meist jedoch einen welligen Verlauf mit engen, fast korkzieherartigen Windungen. Ausser den genannten Einlagerungen beobachtet man das allerdings nur sparsame Auftreten sternförmiger Bindegewebskörper, die feine Ausläufer in die homogene Grundsubstanz entsenden.

Die Stützlamelle der Septen ist gut entwickelt und lässt eine geweihartig vorspringende Muskelfahne erkennen. An ihrem Grunde führt sie einen, die Septen in ihrer ganzen Länge durchziehenden zellerfüllten Canal, welcher auf Querschnitten an den Microsepten als einfache rundliche, an den Macrosepten als längere, durch Queranastomosen geteilte Höhlung erscheint. Dieses gewiss untergeordnete Merkmal begleitet den Microtypus durch alle äusserlich wie anatomisch so differente Gattungen; keine Form mit dem Macrotypus zeigt auch nur eine Andeutung jener Septalcanäle.

Der Ringmuskel von Sphenopus ist mesodermal und einfach und insofern characteristisch, als er ungleich tiefer als bei irgend einer andern der bekannten Zoantheen beginnt; er reicht so tief im äusseren Teil des Mauerblattes hinab, dass selbst am contrahierten Tier seine tiefste Stelle mit dem unteren Rande des Schlundrohrs in einer Ebene zu liegen kommt. Auf Längsschnitten beobachtet man, wie an seiner tiefsten Stelle die ins Mesoderm abgeschnürten Fibrillenbündel als kleine Kreise nahe aneinander gelagert sind, so dass sie fast als eine zusammenhängende Linie erscheinen. Nach oben zu werden die Bündel gestreckter und stellen sich mit ihrer

Längsaxe senkrecht auf das Entoderm, von dem sie nur durch eine schmale Lamelle homogenen Mesoderms getrennt sind. In diesem Zustande bildet der Ringmuskel ein äusserst regelmässiges, pallisadenartig angeordnetes System stabförmiger Fibrillenbündel. Am Einschlagsrand des Mauerblattes beginnen sich die Bündel unregelmässig auszubuchten und ordnen sich endlich im eingeschlagenen Teil des Mauerblattes zur Bildung des eigentlichen Sphincter zu einem aus zierlich verzweigten und anastomosierenden Bündeln bestehenden Geflecht an. Der nach unten zu immer mächtiger anschwellende Ringmuskel hat eine langgestreckte Gestalt und hört unten mit rundem Ende auf. Er verdrängt das weiche Mesoderm nicht vollständig, sondern lässt beiderseits eine homogene Schicht frei, welche ihrerseits von einem, innen bis zur Ansatzstelle der Mundscheibe reichenden, die gewöhnlichen festen Einlagerungen führenden Mesodermstreifen begrenzt ist.

Es erübrigt noch die Beschreibung einer Form, bei der ich zweifelhaft bin, welcher der beiden Zoantheenfamilien ich sie unterordnen soll (cf. Fig.: Taf. IV, 17). Wenn von den Zoanthiden ein die Einzeltiere verbindendes Coenenchym gefordert wird, so kann ihnen diese Gattung nicht zugesellt werden, da ein Coenenchym nicht einmal andeutungsweise vorhanden ist. Wenn andererseits als Characteristicum der Sphenopiden die Einzellebigkeit anerkannt wird, so entspricht sie dieser Bedingung ebensowenig; denn unter der grossen Menge des Materials fand ich kein Tier, welches völlig isoliert war; stets waren mehrere annähernd gleichgrosse verwachsen, oder grössere Polypen trugen eine oder mehrere Knospen. Anatomisch stehen wiederum die Tiere den Zoantheen, besonders Epizoanthus, näher als Sphenopus. Auch die Lebensweise giebt keine Anhaltspunkte, welche für die Zugehörigkeit zu der einen oder der anderen Familie sprechen könnten. Dass sie wie Sphenopus mit ihrem unteren Ende im Sande oder im Schlamme stecken, ist unmöglich, da ja bei fast allen Individuen gerade an ihrem verschmälerten unteren Teil die jungen Knospen entstehen. Man könnte auf die Vermuthung geraten, dass die Polypen lang auf dem Boden liegen. Doch auch diese Annahme ist unhaltbar, da eine beständige Lage auf dem Boden doch nicht ohne Einfluss auf die Körpergestalt bleiben kann und mindestens grössere oder geringere Eindrücke bewirken müsste. Alle Tiere sind jedoch im ganzen Umfange gleich intact und ohne jegliche Spuren, wie sie

die Unterlage unzweifelhaft hinterlassen hätte. Es bleibt schliesslich nur die eine Annahme übrig, dass das specifische Gewicht der lebenden Tiere ein sehr geringes ist, so dass dieselben im Stande sind, frei im Meere zu flottieren.

Wie man sieht, bilden diese Polypen eine ziemlich eigenartige und den bestehenden Familien schwer unterzuordnende Gruppe. Ihre Stellung ist die einer Uebergangsform. Wenn man sie nicht als „knospenbildende Einzeltiere" zu einer besonderen Familie erheben und sie als gleichwertig mit den Zoanthiden und den Sphenopiden diesen Familien nebenordnen will, so lassen sie sich am ehesten noch den Sphenopiden anreihen, da man die Knospen, welche bestimmt sind, sich loszulösen, als vorübergehende Bildungen ansehen und so die Polypen als Einzeltiere hinstellen kann. Die äussere Gestalt der Tiere, von denen die Abbildung nur eine geringe Auswahl giebt, ist eine ziemlich verschiedene, so dass man aus dem vorhandenen Material wohl mehrere auf äussere Merkmale gegründete Species aufstellen konnte. Ich begnüge mich, da das anatomische Verhalten bei allen Formen völlig übereinstimmt, mit einer Beschreibung der Gattung.

VII. Genus. Genus novum.

Fig.: Taf. IV, 17 a—k.

Incrustierte Einzelpolypen, deren Mauerblatt an seinem hinteren verschmälerten Ende stets mehrere Knospen trägt; Septenstellung nach dem Macrotypus; Ringmuskel mesodermal und einfach; Geschlechtsorgane gonochoristisch; Mesoderm mit ectodermalen Zellhöfen.

Fundort: von H. M. S. „Triton"; 640 Fuss.

Die äussere Gestalt der Polypen ist im Allgemeinen keulenförmig; auf einem mehr oder weniger verschmälerten und langgestreckten Basalteil erhebt sich ein allmählich breiter werdender, umfangreicherer Oberteil. Die Grösse eines ausgewachsenen Tieres kann bis zu 3,5 cm mit einem grössten Breitendurchmesser von 1,2 cm betragen. Alle Tiere befinden sich im Zustande der höchsten Contraction; das Mauerblatt ist umgebogen und bildet so eine gewölbte oder flache Oberfläche, in deren Mitte auf einer deutlichen Erhebung oder auch im Grunde einer Einsenkung der Eingang in das Innere liegt. Stets strahlen von diesem etwa 12—20 radiäre Furchen aus, die sich nur wenig auf den verticalen

Teil des Mauerblattes erstrecken. Letzteres fühlt sich rauh an, ist jedoch sonst bis auf einige nur schwach hervortretende Querfaltungen völlig glatt. Die Farbe der Tiere ist eine schmutzig braune.

Dem unteren Ende des verschmälerten Basalteiles sitzen stets mehrere jüngere Tiere an; die jüngsten Anlagen sind gerade cylindrische Schläuche von 2—4 mm Höhe und 2 mm Breite. Die nächst älteren Stadien gleichen den Muttertieren insofern, als sie an ihrer Basis eingeschnürt sind und so eine mehr oder weniger keulenförmige Gestalt erhalten. Die Abschnürung scheint beständig fortzuschreiten und schliesslich zur gänzlichen Isolation des Tochtertieres zu führen. Die jüngsten einzellebenden Polypen haben nämlich genau das Aussehen von älteren Knospen; einige derselben zeigen zudem an ihrer Basis eine kleine Oeffnung, welche auf eine soeben erfolgte Ablösung vom Muttertiere hindeutet. Die Knospen stellen einfache Ausstülpungen des Mauerblattes dar. In ihnen werden die Septen und die übrigen Organe neu angelegt, ohne dass dieselben mit den entsprechenden Teilen des Muttertieres in genetischen Zusammenhang stehen. Da, wo seitlich an einem Individuum, also im Bereich von dessen Septen, eine Knospe angelegt werden soll, biegen zwei benachbarte Septen auseinander und schaffen so einen zur Ausstülpung geeigneten freien Raum. Am Grunde des Basalteiles enden die Septen allmählich; auf die, der Fussscheibe entsprechende, mehr oder minder abgerundete Basis gehen sie nicht über. Durch Ausstülpung kann letztere zu einer in der Axe des Muttertieres liegenden Knospe werden. In dieser beginnen die Septen ebenfalls allmählich ohne scharfe Grenze. Beide Tiere sind so durch eine indifferente Zone des Mauerblattes getrennt.

Wegen der fast steinartigen Härte des Mauerblattes lassen die Polypen keine Untersuchung mittelst der Schnittmethode zu, und wandte ich deshalb auch hier die Schliffmethode von v. Koch an.

Das Mauerblatt ist von beträchtlicher Dicke. Sein Mesoderm ist in seiner ganzen Breite von Einlagerungen durchsetzt und bildet so einen äusserst resistenten, schützenden Panzer. Die Incrustationen bestehen durchweg aus unregelmässig-eckigen Sandkörnern, die, wie zu einem Mauerwerk fest aneinandergefügt, nur dünne Lamellen homogenen Mesoderms zwischen sich lassen. Eine solche freie schmale Schicht grenzt auch als geschlossener Cylinder an das Entoderm. In den weichen homogenen Mesodermblättern finden sich eingelagert kernführende, verästelte Bindege-

webskörper, die sich durch ihre bedeutende Grösse auszeichnen; dieselben können eine langspindelförmige Gestalt annehmen, so dass sie schliesslich ganz das Aussehen der auch hier zu findenden Stützfasern gewinnen. Ob dieses Verhalten für die Natur der letzteren als umgewandelter Bindegewebskörper zu sprechen gewichtig genug ist, lasse ich unentschieden. Endlich führt das Mesoderm in geringer Anzahl kleine rundliche, anscheinend mit Zellen erfüllter Höhlungen, welche jedenfalls den bei Epizoanthus zu treffenden ectodermalen Zellhöfen gleichzuachten sind.

Das Mauerblatt ist beim contrahierten Tier weit nach innen eingeschlagen und führt einen gut entwickelten Sphincter, der in seinem Bau und seiner Gestalt dem von Epizoanthus (auf Fusus) am nächsten kommt. Derselbe ist einfach und mesodermal; er beginnt — wie auf Radialschnitten ersichtlich — bereits schmal im wagerechten Teil des Mauerblattes, verbreitert sich gegen den Umschlagsrand zu und verläuft dann im eingeschlagenen Teil des Mauerblattes als breiter Muskelstreif, um am unteren Rande stumpf zu enden. Seine vielfach verzweigten Muskelbündel liegen in der von Einlagerungen freien, an das Entoderm grenzenden Lamelle des Mesoderms, welche durch ihn stark verdickt wird. Beiderseits ist der Ringmuskel begrenzt von einer breiten, stark incrustirten Mesodermschicht, welche als directe Fortsetzung vom äusseren Mauerblatt über den ganzen eingeschlagenen Teil bis zur Ansatzstelle der Mundscheibe, welche sehr hoch am inneren Rande inseriert, verläuft. Das Schlundrohr ist oval mit ausserordentlich deutlicher Schlundrinne, welche sich durch ihre bedeutende Tiefe auszeichnet.

Oeffnet man ein Tier mit der Scheere und breitet es flach aus, so hat man Gelegenheit, den inneren Bau leicht zu übersehen. In dem unteren Fussteil fallen die Septen als schmale, kaum in's Innere vorragende, hellgefärbte Leisten in die Augen; die Macrosepten sind hier vor den Microsepten kaum merklich ausgezeichnet, nur die Anwendung der Loupe lässt eine etwas grössere Breite der ersteren erkennen. Erst da, wo der Polyp sich zum umfangreicheren Oberteil zu verdicken beginnt, tritt eine deutliche Verschiedenheit zwischen grossen und kleinen Septen zu Tage. Hier bilden nämlich die Macrosepten ihre Mesenterialfilamente und Geschlechtsorgane aus und werden dadurch zu gelbgefärbten, wulstigen Bändern, die einen regelmässig geschlängelten Verlauf zeigen. Sie sind von bedeutender Breite und verdecken die zwischen ihnen liegenden Microsepten vollständig, so dass diese erst durch Ent-

fernen der Macrosepten sichtbar werden. Das Loslösen der letzteren mit ihren Anhängen kann sehr leicht geschehen, so dass sie auf Schnitten für sich untersucht werden können. Das Mesoderm der Septen ist äusserst dünn und bildet eine einfache, keinen Canal umschliessende Lamelle. Die Mesenterialfäden zeigen den gewöhnlichen Bau. Geschlechtsorgane fand ich bei zwei der untersuchten Tiere; dieselben bestanden in beiden Fällen aus Hodenfollikel, deren Spermatozoen den durch die verschiedenen Reifestadien bedingten und bereits näher beschriebenen Anordnungsmodus zeigten.

Von den drei Schliffen, die ich zum Zweck der Beobachtung der Septenstellung durch die Schlundrohrgegend von drei Tieren machte, gelang nur der eine vollständig, während die beiden andern mehr oder weniger misglückten, indem durch ungeschicktes Schleifen einzelne Partieen des Mauerblattes mit den Septen ausbrachen. Dennoch liessen auch diese Schliffe den herrschenden Typus erkennen. Das erste Individuum, eine noch junge Knospe, zeigte trotz seiner geringen Grössenverhältnisse bereits 22 Scheidewände. Dieselben gruppierten sich nach dem Macrotypus, so dass fünf Paare auf die regelmässig ausgebildete dorsale Zone kamen, ventral einerseits zwei, andrerseits drei Paare von den grossen Richtungssepten gelegen waren. Die beiden anderen Exemplare, von denen das eine ein mittleres, das andere ein völlig ausgebildetes Stadium repräsentierte, waren nach folgenden Schematen, in denen die ausgebrochenen Stellen durch Puncte bezeichnet sind, septiert:

1) o|o|.......||||o|o|o|o|o|o||o|o

2) o|o||o|o|........||||o|o|o|o|o|o|o|o|o||o

Unter den von uns aufgestellten 5 Gattungen der Zoanthiden existiert ein bestimmtes Abhängigkeitsverhältnis zwischen der Lebensweise einerseits und den anatomischen Verhältnissen, besonders der Septenstellung andrerseits. Die Gattungen Zoanthus, Mammilifera und Corticifera septieren sich, wie bekannt, nach dem Microtypus; die Gattungen Palythoa und Epizoanthus zeigen dagegen den Macrotypus. Erstere nun zeichnen sich dadurch aus, dass sie ein unbeschränktes Wachstum ihrer Colonieen haben; sie alle überziehen den Meeresboden, der ihrer Ausbreitung keine Grenze setzt, auf weite Strecken. Bei Palythoa und Epizoanthus dagegen, welche die Hartgebilde niederer Tiere bewohnen, bedingt die räumliche Beschränktheit ihres Substrates eine bestimmte

Grösse ihrer Colonieen; sie zeigen zum Unterschied von den übrigen Gattungen den Macrotypus. Noch ein zweites wichtiges anatomisches Merkmal lässt seine beiden Modificationen als durch die verschiedene Lebensweise bedingt erscheinen. Wie wir sahen, ist bei Zoanthus ein deutlicher Hermaphroditismus seiner Geschlechtstiere festzustellen; die andern Formen, soweit sie bis jetzt auf ihre Sexualverhältnisse erkannt, haben eine gonochoristische Ausbildung ihrer Geschlechtsproducte. Allem Anschein nach dürfte der Gonochorismus von Epizoanthus und Palythoa auf Diöcie zurückzuführen sein; denn wie aus den Untersuchungen hervorgeht, traf ich bei jeder der beschriebenen Art auf derselben Colonie entweder nur männliche oder nur weibliche Sexualorgane, wie jedoch beiderlei Geschlechtstiere an. Leider fehlen mir bei den Gattungen Mammilifera und Corticifera die Angaben über die sexuelle Ausbildung. Wenn jedoch der Schluss von gleicher Lebensweise auf gleichen geschlechtlichen Character gerechtfertigt ist, so können wir unsere mangelhafte Kenntniss über die Sexualverhältnisse vervollständigen und Zoanthus, Mammilifera und Corticifera eine hermaphroditische Ausbildung ihre Sexualorgane zuschreiben, während Epizoanthus und Palythoa zur Diöcie neigen. Im Allgemeinen lassen sich die gedachten Verhältnisse in dem Satz aussprechen: Zoanthiden mit unbeschränktem Wachstum ihrer Colonieen zeigen den Microtypus und sind Zwitter, Zoanthiden mit beschränktem Wachstum ihrer Colonieen ordnen ihre Septen nach dem Macrotypus und sind diöcisch.

Eine die Entwickelungsgeschichte unserer Polypen berührende Bemerkung mag den Beschluss dieser Arbeit bilden.

Den Entstehungsprocess der Septen bei den Actinien kann man zerlegen in zwei Perioden; die erste derselben reicht bis zur Fertigstellung der ersten sechs Paare, die darum auch Hauptseptenpaare heissen; in der zweiten Periode entstehen nun im Allgemeinen bei den Actinien die ferneren Septenpaare in den jedesmaligen Zwischenfächern, welcher Process durch häufige Wiederholung zur Bildung von Septenpaaren zweiter, dritter etc. Ordnung führt.

Bei den Zoantheen ist das in der zweiten Periode herrschende Bildungsgesetz ein anderes; hier sind, wie wir sahen, nur zwei Zwischenfächer, nämlich die beiden den ventralen Richtungssepten benachbarten Interseptalfächer, befähigt, neue Septenpaare zu bilden. Stadien, welche jung genug waren, um über das Verhalten der Hauptseptenpaare Aufschluss zu geben, sind noch nicht unter-

sucht. Jedoch kann eine einfache Reflexion zu dem der Beobachtung verschlossenen Ziele führen. Wie aus den bisher ausgeführten Untersuchungen hervorgeht, ist bei allen Individuen die dorsale Zone stets völlig ausgebildet; dieselbe zeigt constant fünf Paare. Anders ist es jedoch mit der ventralen Partie; von dieser gilt der Satz, dass die Anzahl der Septen mit der Grösse des Tieres, welche im Allgemeinen seinem Alter entspricht, in geradem Verhältnis steht. Wenn also die dorsale Zone allen, selbst den jüngsten bisher untersuchten Individuen vollständig zukommt, während die Anzahl der ventralen Paare mit fortschreitendem Alter zunimmt, mit jüngeren Alterszuständen also geringer wird, so kann man ein sehr junges Stadium annehmen, in welchem die ventrale Zone auf ihr Minimum, d. h. auf die Macrorichtungssepten, welche stets zu den Hauptseptenpaaren gehören, beschränkt ist. Dieses Stadium umfasst somit sechs Paar Septen, nämlich die fünf Paare der dorsalen Zone und das eine Paar der ventralen Richtungssepten. Auf diese Weise gelangen wir bei den Zoantheen zu zwei primären Grundformen, der Macrogrundform und der Microgrundform. Lassen wir bei diesen in den beiden



Fig. 3. Fig. 4.

den Macrorichtungssepten benachbarten Zwischenfächern beliebig viele aus Macro- und Microseptum bestehende Paare nach dem Princip, das Macroseptum den Richtungssepten zuzuwenden, entstehen, so resultieren die beiden Anordnungsmoden, welche die Gruppe der Zoantheen characterisieren.

Erklärung der Tafeln.

Tafel IV.

Fig. 1. Zoanthus sp.? (1. Species). Vergr. $\frac{1}{1}$. Stück einer Colonie: *st* Stiel, *po* Polyp, *c* Coenenchym.

Fig. 2. Zoanthus sp.? (1. Species). Vergr. $\frac{1}{1}$. Colonie von oben.

Fig. 3. Zoanthus sp.? (2. Species). Vergr. $\frac{1}{1}$.

Fig. 4. Epizoanthus sp.? (3. Species). Vergr. $\frac{1}{1}$. Hinterseite der Fususschale mit den Polypen: *s* Spitze, *e* Ende des Canals, *w* Windungen der Schale.

Fig. 5 u. 6. Epizoanthus sp.? (4. u. 5. Species). Vergr. $\frac{1}{1}$. Ein Teil der Colonie: *h* Kieselfadenstrang von Hyalonema, *c* Coenenchymscheide.

Fig. 7. Epizoanthus sp.? (6. Species). Vergr. $\frac{2}{1}$. Vorderansicht der Colonie: *m* Mündung, *w* Windungen der Schale.

Fig. 8. Epizoanthus sp.? (7. Species). Vergr. $\frac{3}{2}$. Oberseite des Conenchymgehäuses.

Fig. 9. Epizoanthus sp.? (7. Species). Vergr. $\frac{3}{1}$. Unterseite des Conenchymgehäuses.

Fig. 10. Epizoanthus sp.? (7. Species). Vergr. $\frac{2}{1}$. Einzelpolyp von der Seite.

Fig. 11. Palythoa sp.? (8. Species). Vergr. $\frac{1}{1}$. Unversehrte Colonie mit vier Polypen: *c* bandförm. Coenenchym.

Fig. 12. Corticifera sp.? (10. Species). Vergr. $\frac{1}{1}$. Stück einer Colonie.

Fig. 13. Corticifera sp.? (10. Species). Vergr. $\frac{1}{1}$. Die ganze Colonie von oben.

Fig. 14, 15. u. 16. Sphenopus sp.? (12. Species). Vergr. $\frac{1}{1}$. Ein alter, ein mittlerer und ein junger Polyp: *r* Rumpf, *h* Kopfteil, *f* Fuss, *h* Haftscheibe.

Fig. 17 *a*—*k* Genus novum: Verschiedene Formen. Vergr. $\frac{1}{1}$.

Tafel V.

Allgemeine Abkürzungen: *ma* Mauerblatt; *ec* Ectoderm, *en* Entoderm; *me* Mesoderm; *r* Ringmuskel; *mm* Mundscheibe; *ms* Schlundrohr.

Fig. 1. Zoanthus sp.? (1. Species). Querschnitt durch das Mauerblatt: *ca* ectoderm. Canäle, *cu* Cuticula, *mf* Mesodermfortsätze.

Fig. 2. Zoanthus sp.? (1. Species). Radialschnitt durch d. ob. Region eines Polypen: *ro* obere, *ru* untere Portion des doppelten Ringmuskels.

Fig. 3. Zoanthus sp.? (1. Species). Querschnitt durch ein Septum: *mas* Macroseptum, *mis* Microseptum, *sc* Septalcanäle, *mf* Muskelfahne, *ov* Eier, *cme* Stützlamelle, *dr* unpaarer Drüsenstreif.

Fig. 4 u. 5. Zoanthus sp.? (1. Species). Querschnitte durch einen Rand- und einen mittleren Stolonen: *er* entodermale Verbindungsröhren.

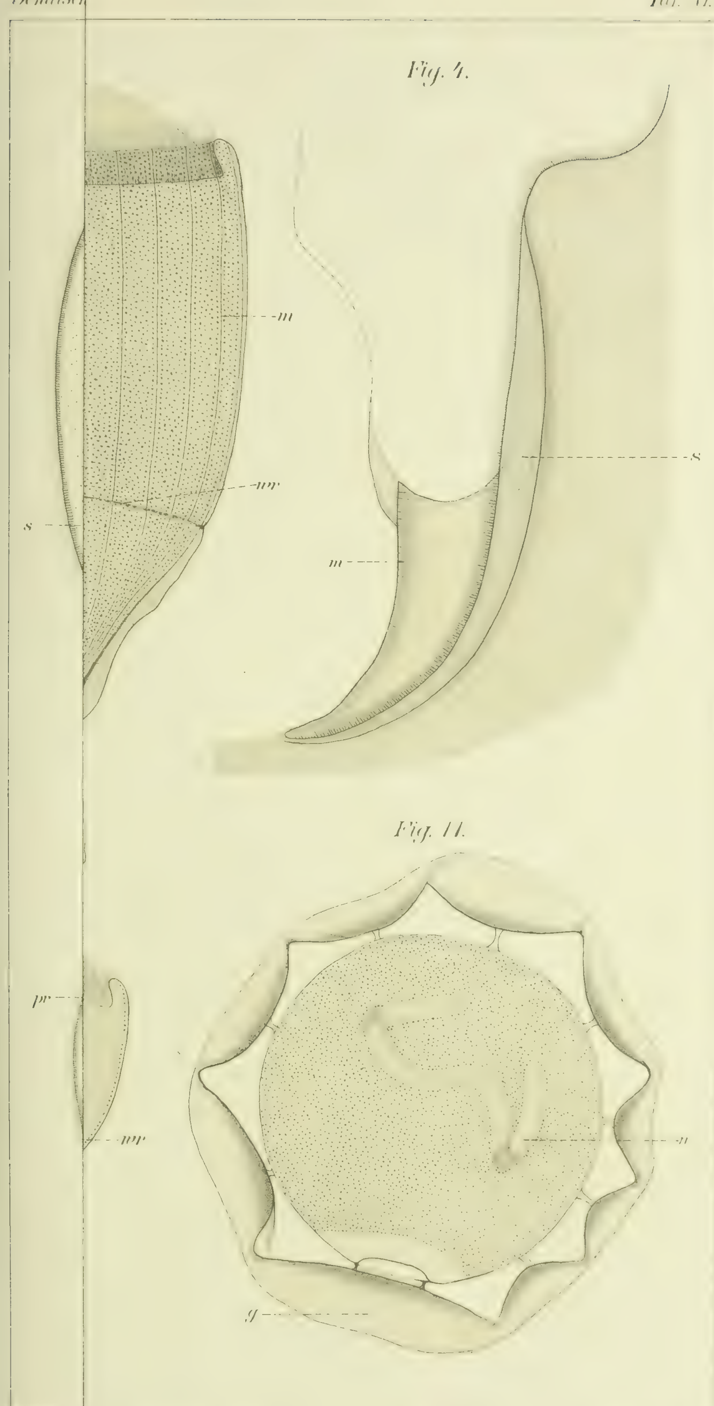
Fig. 6. Epizoanthus sp.? (3. Species). Querschnitt durch die Spitze eines Polypen: *rme* Ringmuskelmesoderm, *i* innere, *e* äussere Foraminiferenkrönchen, *t t'* Tentakel, *s* Septen.

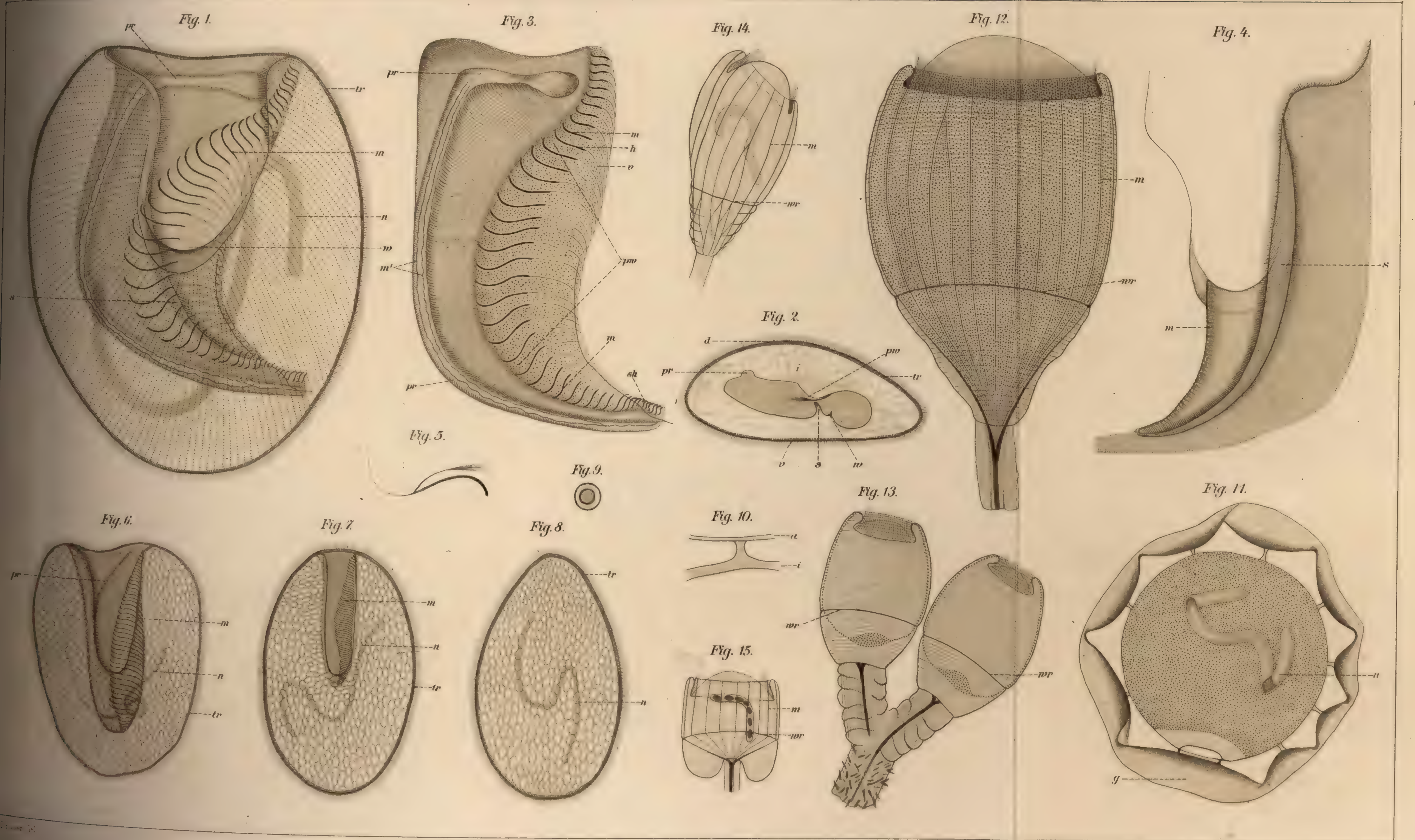
Fig. 7. Epizoanthus sp.? (3. Species). Radialschnitt durch die ob. Region: *ii* innere, *ee* äussere Foraminiferenkrönchen, *r* Ringmuskel.

Fig. 8. Epizoanthus sp.? (4. Species). Querschnitt durch das weiche Mesoderm: *ca* ectodermale Canäle.

Fig. 9. Palythoa Axinellae Radialschnitt durch den ob. Teil eines Polypen: *r* entodermaler Ringmuskel.

Fig. 10. Epizoanthus sp.? (7. Species). Querschnitt durch das Coenenchym: *cu* Cuticula, *a* Fortsätze in das Entoderm, *b* Querbalken am Mesoderm, *ca* ectoderm. Canal, *fs* Faserzug, *ec* Ectodermzellbüschel.


Fig. 4.
m
mr
s
s
m
Fig. 11.
pr
mr
n
g



Verlag von Gustav Fischer in Jena.
Lith. Anst. v. A. Müller, Jena.

Bursaria truncatella
unter Berücksichtigung anderer Heterotrichen und der Vorticellinen.

Von

August Brauer.

Hierzu Tafel VI.

Nachdem EHRENBERG, CLAPARÈDE und LACHMANN und besonders STEIN die grosse Reihe von Formen der Infusorienklasse systematisch geordnet hatten, wandte sich die Forschung eingehender zum inneren Bau der Infusorien, und im Besonderen richtete sich die Aufmerksamkeit auf die contractile Substanz, von der man, wie ENGELMANN in seiner Abhandlung „Contractilität und Doppelbrechung" sagt, in dem morphologisch einer einzigen Zelle entsprechenden Körper beinahe alle Typen neben einander findet. Die Untersuchungen LIEBERKÜHNS, GREEFFS, ENGELMANNS, WRESNIOWSKIS u. A., welche sich auf den Typus der Myophane bezogen, haben darüber Klarheit geschafft, was für Muskelfasern zu halten sei, und haben auch wertvolle Beiträge geliefert über die Verbreitung und ihr Verhalten bei verschiedenen Formen, besonders den Stentoren und Vorticellinen. Indessen, wie bei der grossen Menge von Infusorien einerseits und bei den wenigen Untersuchungen andererseits natürlich ist, sind mehrere Fragen, welche sich vor allen auf den feineren Verlauf und das genaue Verhalten der Fasern z. B. im Körper der Vorticellinen und ihre Verbreitung in der Infusorienclasse überhaupt beziehen, erst teilweise oder gar nicht gelöst.

Einen weiteren Beitrag zu liefern, der die angedeuteten Fragen ihrer Lösung näher brachte, hatte ich mir zur Aufgabe gemacht. Leider stand mir nicht hinreichend genügendes Material — marine Formen fehlten mir vollständig — zur Verfügung, um die Untersuchung weiter als geschehen ist, ausdehnen zu können; immerhin hoffe ich doch manches Neue und Interessante bieten zu können.

Bei dieser Untersuchung hatte ich das Glück, einige Exemplare

der grossen Bursaria truncatella in dem Weiher, der das Poppelsdorfer Schlofs umzieht, zu finden. Da gerade die Heterotrichen am meisten von allen Infusorien Muskelfasern besitzen, so war zu erwarten, auch bei B. truncatella solche zu finden, was sich bald bestätigte. Für die specielle Untersuchung der Fasern und ihres Verlaufes wurde eine genauere, auf das ganze Tier bezügliche notwendig. Da sich hierbei manche wesentliche Unrichtigkeiten in der Beschreibung Steins, welcher B. truncatella zuletzt und am eingehendsten untersucht hat, herausstellten, da es mir ferner glückte, die bisher fast unbekannte Encystierung dieser Form genau verfolgen zu können, so beschloss ich die Beobachtungen in Gestalt einer kleinen Monographie der B. truncatella wiederzugeben und an passender Stelle die Untersuchungen über die Myophane der Stentoren, Spirostomeen und Vorticellinen einzuschalten. Die Arbeit zerfällt in die zwei Hauptteile:

I. Der Bau.

II. Die Encystierung.

Die Literatur, welche vor Stein über B. truncatella erschienen ist, hat dieser Forscher in der II. Abt. seines grossen Infusorienwerkes zusammengestellt, so dafs eine Wiedergabe überflüssig ist; diejenige, welche sich auf die Myophane der Infusorien bezieht, findet sich am Schluss der Arbeit.

Es erübrigt noch einige Worte über die Mittel zur Conservierung zu sagen. Am besten bewährte sich Überosmiumsäure in 1—2 % Lösung. Zum Auswaschen wurden Picrocarmin, Bealesches Carmin und 2 % Chroms.-Kali angewandt. Um die Tiere durchsichtig zu machen, was besonders bei der Untersuchung der Myophane unumgänglich notwendig ist, wurden sie verschieden lange Zeit in filtriertem Wasser gelassen.

I. Der Bau.

Der Körper der B. truncatella ist bilateral symmetrisch gebaut (Fig. 1 und Fig. 2). Er hat die Form eines Ovals, das mehr oder minder abgeflacht ist. Die ventrale oder Bauchseite (*v*) ist deutlich gekennzeichnet durch einen fast median gelegenen Ausschnitt von spaltartiger Form, welcher mit einer weiten, gleichmäfsig breiten Öffnung der oberen, gerade abgestutzten Fläche in enger Verbindung steht und mit ihr zusammen die weite Peristommündung bildet. Der untere Teil des Körpers ist dagegen geschlossen und leicht konisch abgerundet. Während die Ven-

tralseite in ihrer ganzen Breite gleich flach ist (*v*), zeigt die dorsale (*d*) ihrem hinteren Ende zu eine mehr oder minder starke convexe Hervorwölbung, wodurch die Abflachung des Ovals unregelmäfsig wird.

Wir können eine Median- und eine Lateralebene unterscheiden. Die Medianebene teilt die weite Peristommündung in zwei fast gleiche Teile, das Peristom selbst aber in zwei ungleiche; umgekehrt verhält sich die Lateralebene, indem sie dieses in 2 gleiche Stücke zerlegt, jene aber nicht.

Bei dieser Gestaltung sind Längen- und Breitendurchmesser sehr verschieden unter einander und selbst an verschiedenen Stellen wieder. Die Länge des Tieres schwankt zwischen 1 mm und $\frac{1}{3}$ mm, seine Breite, welche ihre grösste Ausdehnung etwas unterhalb der Körpermitte erlangt, kommt der letzteren Zahl gleich oder ist niedriger, selten grösser, der mediane Durchmesser dagegen bedeutend kleiner.

Auf seiner Oberfläche ist der Körper, soweit er nicht offen liegt, mit feinen Wimpern besetzt. Auf allen Partieen der Oberfläche, auch an den Rändern der Peristommündung sind sie von gleicher Grösse und Stärke. Sie sind aufgereiht auf regelmässig neben einander verlaufenden Längsstreifen, so dass wir, da mit ihnen auch Körnerstreifen, allerdings bedeutend schmälere regelmässig alternieren, ein Bild erhalten, wie es die Stentoren, Spirostomeen und andere zeigen. Die Oberfläche erhält dadurch, wie Stein sagt, ein fein chagriniertes Aussehen. Das Streifensystem ist so geordnet, dass es seinen Anfang auf der ventralen Seite an den Rändern des Spaltausschnittes nimmt und in mehr oder weniger gebogenen Linien auf die dorsale Wand übertritt und am Rande der oberen Peristomöffnung endet. Anastomosen konnte ich nicht bemerken.

Diese Wimperreihen vermitteln die Bewegung des Tieres, welche äusserst mannigfaltig ist. Bald steigt es langsam gerade aufwärts oder pendelt langsam hin und her, bald durchsetzt es rasch in schräger Richtung das Wasser, wobei die Peristommündung vorn oder hinten liegen kann, bald beharrt es auf geringer Fläche, ruhig hin und her schwimmend oder sich überkugelnd. Sehr oft liegt es ruhig, sei es an einem Blatte oder am Rande des Glases oder sonst an einem festen Gegenstande befestigt. Es scheint hierbei eine Aussonderung eines klebrigen Stoffes stattzufinden, da es sich schwer loslösen lässt. So verschieden aber

auch die Bewegung des Tieres ist, stets scheint die ventrale Seite mit ihrem spaltartigen Ausschnitt nach unten gerichtet zu sein.

Irgend welche Contractionen am Körper konnten nicht wahrgenommen werden, ausser dass der Spalt eine Verengerung oder eine Erweiterung erfuhr, welche hauptsächlich herbeigeführt zu werden scheint durch den linken beweglichen Rand des Spaltes. Stein hat diesem mit dem ihm zunächst liegenden Teile der Ventralwand die besondere Bezeichnung „Stirnfeld“ gegeben, eine Bezeichnung, welche wir, weil sie überflüssig ist, fallen lassen.

Die Cuticula des Körpers ist farblos und erscheint homogen, ohne besondere Structuren zu zeigen. Stein hat sie in einigen Figuren und auch in der Beschreibung viel zu mächtig angegeben. Ich vermute, dass er die Trichocystenschicht, von welcher gleich die Rede sein soll, nicht als solche erkannt, sondern sie der Cuticula zugerechnet hat. In Wirklichkeit ist sie äusserst zart und sehr wenig nachgiebig. Eine nur wenig zu starke Quetschung oder stärkere Berührung, welche auf Stentoren und verwandte Arten keine Wirkung ausüben würde, bringt sie zum Platzen.

Vielleicht zu ihrer Stütze dient eine sogen. Trichocystenschicht (*tz*), wellche merkwürdigerweise von allen Forschern bisher übersehen worden ist. Da sie wenig stark lichtbrechend ist und nur eine geringe Dimension (= 0,003 mm) zeigt, so fällt sie weniger in die Augen als die, welche wir von Paramaecium u. a. kennen. Die Structur der Schicht scheint die gleiche zu sein. In einer homogenen Grundsubstanz liegt ein stabförmiger, scheinbar solider Körper neben dem andern in gleichen bestimmten Abständen. Vielleicht entsprechen die Querschnitte der Stäbchen den Körnchen, welche die oben erwähnten Streifen zeigen. Nach innen ist die Schicht scharf und überall gleichmässig abgesetzt.

Zwischen Trichocystenschicht und dem Innenparenchym (*i*) findet sich keine Rindenschicht. Irgend welche Verdichtung nach dem Rande zu ist nicht wahrnehmbar. Das Protoplasma ist faserig, schwammig gebaut und durchzieht in einzelnen, wenig körnerreichen Strängen den Binnenraum zwischen dem Peristom und der Trichocystenschicht. Die Stränge werden begrenzt von unregelmässigen Flüssigkeitsvacuolen, welche auch Nahrungsballen bergen können. Irgend welche Spur einer Diastole oder Systole war an keiner derselben bemerkbar. So sehr ich meine Aufmerksamkeit auf diesen Punkt auch richtete, war es mir doch niemals möglich, eine contractile Vacuole zu finden, so dass wir sie — da der Längskanal, welchen Stein als ein Wassergefässsystem

betrachtet hat, sich als eine Rinne, wie wir unten sehen werden, erwiesen hat, welche der Peristomwand, nicht dem Innenparenchym angehört — als nicht vorhanden annehmen müssen.

Als weiterer wichtiger Bestandteil des Innenparenchyms ist der Kern (*n*) hervorzuheben. Er ist ein langes schlauchförmiges Band, das meist in seiner ganzen Ausdehnung gleich breit ist. In der Regel lässt er ein Mittelstück und zwei verschieden lange Schenkel, die wieder umgebogen sein können, unterscheiden; er liegt meist in der Mitte des Körpers, das Mittelstück in horizontaler Lage, die Schenkel in verticaler. Doch können auch häufig genug andere Lagen und andere Formen eintreten, so dafs die Angabe einer bestimmten unmöglich ist. Eine Membran wird erst nach Anwendung von Reagentien und dann nur undeutlich sichtbar. Ein Nebenkern wurde nie bemerkt.

Ehe wir auf das Peristom eingehen, sei die Lage des Afters bestimmt. Stein verlegt ihn genau in die Mitte des Hinterrandes.

Ohne Steins Angabe verwerfen zu wollen, mufs ich sagen, dafs ich ihn hier nie gesehen habe; er scheint mir an beliebiger Stelle des Körpers auftreten zu können. So oft ich ihn sah, befand er sich stets auf der ventralen Seite. Die Cuticula öffnete sich dort, wo ein mit Wasser reichlich umgebener Nahrungsballen lag; die Wimpern neigten sich der Öffnung zu und waren offenbar bemüht, die unverdaulichen Reste mit herausfördern zu helfen. Nach dem Auswurf schloss sich alsbald die Öffnung wieder, ohne eine sichtbare Spur zu hinterlassen.

Der grösste Teil des Körpers wird von dem mächtigen Peristom eingenommen. Wohl in keiner Infusorienfamilie finden wir ein derartiges nicht nur durch seine Grösse, sondern auch durch die Compliciertheit seines Baues ausgezeichnetes Peristom wie bei B. truncatella. Die Untersuchung wie eine übersichtliche Beschreibung desselben verursacht grofse Schwierigkeiten.

Das Peristom hat etwa die Form eines weiten Trinkhornes. Die Öffnung bildet einerseits, wie bereits oben kurz bemerkt ist, die gerade abgestutzte, in ihrer ganzen Breite offene Vorderwand des Tieres, andererseits ein tiefer ventraler Ausschnitt, welcher direkt in jenen übergeht und etwa bis zur Mitte des Körpers herabreicht. Er nimmt nicht die ganze Breite der Bauchseite ein, sondern verschmälert sich bald, dabei auf der rechten Seite unter einem leichten Bogen hinabsteigend, während der linke Rand sich noch längere Zeit horizontal hält, dann, wenn er die Mitte des Körpers fast erreicht hat, unter einem rechten Winkel nach unten

abfällt und mit dem rechten Rande auf der mittleren Höhe des Tieres in dem Peristomwinkel, wie STEIN ihren Vereinigungspunkt genannt hat, zusammentrifft. Eine besondere Bezeichnung dem unteren Teile des ventralen Ausschnittes zu geben, wie es STEIN gethan hat, ist überflüssig.

Nur an den Rändern der weiten Mündung hängt das Peristom mit der Cuticula des Körpers zusammen. In allen seinen übrigen Teilen ist es mit eigenen Wandungen versehen, es hängt gleichsam in den Körperraum hinab. Im oberen Teile bewahrt es fast die Breite der oberen Mündung, aber schon in der Nähe des Peristomwinkels (Fig. 1 *w*) wird es durch Vorspringen des rechten Randes des ventralen Ausschnittes verengert. Unterhalb des Winkels macht es mit seiner linken Wand eine Krümmung, die mehr und mehr zunimmt und bald zu der früheren Richtung senkrecht steht. Das Peristom wendet sich so der rechten Körperseite zu und mündet hier etwas vor der Trichocystenschicht in den Körperraum. Etwas vor der Mündung wird in die Krümmung auch die rechte Wand hineingezogen. Der Durchmesser der Mündung ist äusserst klein im Verhältnis zur weiten Öffnung nach aussen. Im Gegensatze zu STEIN muss ich betonen, dass niemals das Peristom gerade zum Hinterrande des Körpers hinabsteigt und hier mündet, sondern dass stets die knieförmige Umbiegung zur rechten Körperseite vorhanden, wobei ihre Höhe schwanken kann.

In Folge der Abplattung des Tieres ist auch das Peristom abgeplattet (Fig. 2). Wir können an ihm ebenfalls eine ventrale und eine dorsale Wand unterscheiden. Die ventrale verläuft zum grössten Teile ziemlich gerade abwärts, die dorsale dagegen springt convex nach der Peristomhöhle vor, um so stärker, je mehr sie sich der Mitte nähert. Die Convexität dehnt sich zwar über die ganze Wand aus, betrifft aber besonders einen Streifen, welcher fast in der Mitte gelegen ist und die ganze Wand herabzieht, wobei er an dem unteren Ende mit der Verengerung des Peristoms an Breite abnimmt. Er sei Peristomwulst genannt (Fig. 3 *pw*). In der Mitte des Körpers ist derselbe so stark entwickelt, dass er die ventrale Peristomwand fast berührt. Da hier von dieser ein correspondierender, schmaler Vorsprung oder Septum *(s)*, welches etwas oberhalb des Peristomwinkels unter dem linken Rande des ventralen Ausschnitts beginnt und fast bis zur Mündung in den Körper hinabsteigt und durch seine Verjüngung an beiden Enden eine säbelförmige Gestalt erhält, gebildet wird, so ist der Zwi-

schenraum zwischen dorsaler und ventraler Peristomwand fast verwischt, und das Peristom in eine linke und rechte Partie geteilt; die erstere ist die grössere und wichtigere, da in ihr die Herabführung der Nahrung in den Körper stattfindet. Rechte und linke Partie sind nun wieder durch besondere Bildungen ausgezeichnet. Beiden gemeinsam, weil auf dem Peristomwulst liegend, ist nur die adorale Wimpnerzone.

Die linke dorsale Peristomwand hat in ihrer ganzen Länge eine rinnenartige Vertiefung, die Peristomrinne *(pr)*. Sie beginnt an der Mündung des Peristoms in den Körper und nimmt hier fast die Hälfte der ganzen Wand ein. Die Biegung des Hornes macht sie mit. Etwas unterhalb der Spitze des Peristoms läuft sie unter einem rechten Winkel nach der rechten Seite hinüber und erhält so einen horizontal liegenden Schenkel. Derselbe ist in der Mitte etwas eingeschnürt, so dass er die Figur einer 8 erhält. Während der nach unten steigende Teil der Peristomrinne scharf begrenzte Ränder zeigt, sind sie in jenem fast verwischt, da er bedeutend flacher ist. Es kann vorkommen, dass der linke Rand in der unteren Hälfte zusammenfällt mit dem linken Rande des Peristoms selbst, ohne dass aber die Gestalt der Rinne wesentlich beeinträchtigt wird. Stein hat diese Peristomrinne für das Wassergefässsystem der B. truncatella gehalten, wobei er die ampullenartige Erweiterung des oberen Schenkels einer contractilen Vacuole, den übrigen Teil einem das Wasser zuführenden Längscanal gleichsetzte. In letzterem will er sogar Erweiterungen und Verengungen wahrgenommen haben. Diese Deutung ist aber völlig unmöglich. Denn wir haben hier es nicht mit einem geschlossenen Kanale zu thun. Die Ränder der Rinne treten zwar zuweilen, dann aber nicht an einzelnen Stellen, sondern in der ganzen Länge, eng aneinander, so dass bei flüchtiger Betrachtung der Anschein eines Kanals hervorgerufen wird, nie aber schliessen sie sich völlig.

Die ampullenartige Erweiterung kommt besonders niemals einer Vacuole an Gestalt geich, da sie so abgeflacht ist, dass sie selbst das Aussehen einer Rinne verliert.

Gegen Reagentien verhält sich die Peristomrinne völlig indifferent.

Ein weiterer Grund, die Auffassung Steins unmöglich zu machen, besteht darin, dass sie wie die ganze dorsale und auch ventrale Hälfte der linken Peristomhälfte nicht glatt ist, wie jener Forscher behauptet, sondern von fasrigen Streifen durchzogen wird.

Wenn auch sehr häufige Anastomosen eintreten, so ist im Allgemeinen doch die horizontale Richtung dieser Streifen eingehalten. Unterbrochen von hellen Streifen ziehen feine, aber unregelmässig körnige vom Peristomwulst zur Rinne, treten durch diese hindurch und wenden sich zur ventralen Wand hinüber, wo sie am Septum zu enden scheinen. Sie gehören der Peristomwand an, sind aber keine selbstständige Fasern (Fig. 3 und 4). Die ventrale Wand der rechten Peristomhälfte, welche durch das Septum von der linken geschieden wird, ist fast in ihrer ganzen Breite vertieft (Fig. 4). Indem diese Vertiefung nach abwärts schmäler und schwächer wird, in ihrem oberen Teile dagegen am Peristomwinkel breit und stark ist, gewinnt sie das Aussehen einer Handschaufel oder eines Löffels oder eines halbierten, ausgehöhlten Kegels. Am besten bezeichnen wir sie als löffelartige Vertiefung. Ihre rechte Begrenzung fällt mit der rechten Wand des Peristoms zusammen, die linke, welche etwas entfernt von dem Septum liegt, steht in engem Zusammenhange mit dem linken Rande des ventralen Ausschnittes, ist seine Fortsetzung; indem nämlich dieser etwas vor seiner Umgebung in den Peristomwinkel eine Faltung erfährt, der Art, dass er anstatt in jenen überzugehen, gerade abwärts zieht, so wird er zugleich zum linken Rande der löffelartigen Vertiefung. Die Wimpern, welche er im Gegensatze zum wimperlosen Rande des Peristomspaltes trägt, ziehen in Folge dessen nicht auf den Peristomwinkel hinüber, sondern ebenfalls hinab auf den linken Rand der Vertiefung (Fig. 4). Stein, wahrscheinlich getäuscht durch das Septum, glaubt, dass diese Vertiefung einen völlig mit Ausnahme am Peristomwinkel geschlossenen Trichter oder Blindsack bildete, eine Ansicht, welche falsch ist, da, wie oben gesagt ist, das Septum und der Peristomwulst keine enge Verbindung eingehen und die rechte Hälfte von der linken nur scheinbar trennen.

Es erübrigt noch, die adorale Wimperzone zu schildern. Stein sagt über dieselbe: „Sie ist ein ungemein breites, nach beiden Enden sich verschmälerndes, anscheinend sehr eigentümlich zusammengesetztes Band." „Das Band besteht aus gekrümmten Querstreifen, deren wahre Natur ich nicht ergründen kann. Es sind keine Furchen zum Einklappen der adoralen Wimpern. Sie machen den Eindruck von erhabenen, sehr niedrigen, zarthäutigen Leisten. Das Wimperband ist auf beiden Seiten mit Wimpern besetzt." Der frei liegende Teil soll lediglich auf der rechten Seite Wimpern tragen. Sowohl über die Bedeutung des soge-

nannten Wimperbandes als auch über die Anordnung der adoralen Wimpern weicht meine Ansicht von der STEINS beträchtlich ab.

Das Wimperband (Fig. 3) beginnt in der rechten Ecke fast an der Spitze der dorsalen Peristomwand. Es setzt sich von hier bald auf den Peristomwulst fort, der, wie oben schon gesagt ist, an Grösse zunimmt, je mehr er sich der Körpermitte nähert. Mit ihm zieht es die ganze dorsale Wand bis zur Mündung des Peristoms in den Körper hinab. Anfangs ist das Band schmal, in der Mitte nimmt es an Breite bedeutend zu, um mit der Verengerung des Peristoms wieder stark reduziert zu werden. Es ist zusammengesetzt, wie STEIN richtig erkannt hat, aus gekrümmten Querstreifen *(m)*. In gleichen Abständen, nur an den Enden ein wenig mehr genähert, beginnen sie auf dem abfallenden, der Peristomrinne zugekehrten Teil des Wulstes, diesen wie ein Haken umklammernd. Sie wenden sich, indem sie die Senkung des letzteren mitmachen, der rechten Wand zu. Bei der ersten Betrachtung scheinen sie an den beiden äussersten Enden des Bandes jene ganz zu erreichen, in der Mitte dagegen, je weiter der Wulst nach der linken Seite hinüberrückt, umsomehr sich von der rechten Wand zu entfernen. Auch STEIN hat diese Ansicht gehabt und so die Vorstellung von einem Bande bekommen.

In Wirklichkeit aber setzen sich die Streifen, auf welcher Höhe sie im Peristom sich auch befinden mögen, bis zur rechten Wand fort. Da sie an Breite bedeutend verlieren, so sind diese feinen Fortsetzungen leicht zu übersehen. In ihrem ganzen Verlaufe — nur an den äussersten Enden des Bandes scheinen sie zu fehlen — zeigen sie die gleiche Länge. Da nun im oberen Abschnitte der stärkere Teil dieser Querstreifen dem rechten Rande sehr nahe gerückt ist, so ziehen ihre feinen Fortsätze, die verhältnismässig lang sind, auf der rechten Wand des ventralen Spaltes, die zum grössten Teile auch die rechte Peristomwand ist, abwärts. So zerfallen die feinen Fortsätze in einen horizontalen Schenkel (Fig. 3 *h*) und einen vertikalen *(v)*. Je mehr sie sich dem Peristomwinkel nähern, wird ersterer grösser, letzterer kleiner bis zum Verschwinden. Im Peristomwinkel selbst treffen die Enden der verticalen Schenkel, resp. der Querstreifen zusammen; ob sie sich hier vereinigen, muss ich dahingestellt sein lassen.

Sobald die Streifen die Höhe des Winkels überschritten haben erfahren sie in ihrem Endteile, dem früheren verticalen Schenkel eine andere Richtung. Sie treten nämlich auf die ventrale Wand,

also die der löffelförmigen Vertiefung über und umfassen diese eine kleine Strecke weit (Fig. 1 und Fig. 4 *m*). So erhalten sie auf dieser Höhe in ihrem Verlaufe von dem Wulste bis zur Vertiefung die Form eines langgezogenen S (Fig. 5). Diese Form wird beibehalten, soweit die Vertiefung reicht. Von hier bis zur Peristommündung scheinen sie zu fehlen.

Der verschiedene Verlauf ist wesentlich aus der verschiedenen Gestaltung des Peristoms an seiner rechten Wand zu erklären. Mit den Streifen alternieren regelmässig körnige Streifen von gleicher Breite und Form.

Die adoralen Wimpern — sie sind in Fig. 1 nicht eingezeichnet worden, um die Zeichnung nicht undeutlich zu machen — setzen sich dem Bande dort an, wo die feinen Fortsätze mit den stärkeren Teilen zusammentreffen (Fig. 5). Sie sind nicht auf beiden Seiten der Streifen vorhanden, sondern nur auf der rechten. Es sind sehr lange, kräftige Wimpern, welche an ihrer Spitze in mehrere feine gespalten sind, so dass wahrscheinlich eine Wimper einem Wimperbüschel gleichkommt. Ihr heftiges Auf- und Niederschlagen lässt nicht nur ihre eigene Gestalt und Lage schlecht erkennen, sondern erschwert auch besonders eine genaue Anschauung von den unter ihnen liegenden Streifen zu gewinnen.

Was haben wir von letzteren zu halten? Mit Stein kann man die Ansicht, sie dienten nur zur Aufnahme der Wimpern, ohne weiteres zurückweisen, da schon die Wimpern durch ihre Grösse und Form nicht in die Streifen hineinpassen würden. Doch auch Steins Meinung, dass sie niedrige, zarthäutige Leisten sind, d. h. soviel als Verdickungen der Peristomwand, kann nicht richtig sein. Ich möchte in ihnen Muskelfasern sehen. Für diese Auffassung bin ich durch Gründe bestimmt worden, welche beruhen auf der völligen Selbstständigkeit der Streifen einerseits und auf ihrer Uebereinstimmung im Bau, Aussehen und in der Anordnung mit den Muskelelementen andererseits, welche wir bei Stentoren, Spirostomeen und den Vorticellinen kennen.

Ihre völlige Selbstständigkeit ist wohl zur Genüge damit bewiesen, dass sie sich ihrer ganzen Länge nach isolieren lassen. Bei vorsichtigem, in regelmässigen Abständen erfolgendem Quetschen des Deckglases lösten sie sich bald von der Peristomwand, in welche sie eingefügt sind, ab, nur an den Enden ihre Befestigung noch wahrend. In der Mitte dagegen waren sie völlig frei von Körnern oder sonstigem Fremdartigen. Ihr Aussehen gleicht dann völlig dem der isolierten Fasern der Stentoren oder Spiros-

tomeen, nur dass ihre Stärke verschieden ist in den zwei Hälften; in der stärkeren messen sie 0,0018 mm, in der schwächeren etwa die Hälfte. Sie erscheinen völlig homogen und zeigen starke Lichtbrechung, durch welche sie sich von den sie begrenzenden körnigen Streifen scharf abheben. Diese Ansicht, die betreffenden Streifen Muskelfasern gleichzusetzen, zu unterstützen, mögen die Beobachtungen, welche ich über die Myophane anderer Infusorien machte, dienen. Doch ehe ich hierauf eingehe, möchte ich die Schilderung des Peristoms beendigen.

Ähnliche Fasern, welche sich ebenfalls leicht isolieren lassen, verlaufen im Grunde der Peristomrinne. Sie nehmen ihren Ursprung etwas ausserhalb der Einmündung des Peristoms in den Körper (Fig. 53 *m'*). Meist beginnt nur eine Faser, die sich aber bald in 2 Äste teilt; den einen sendet sie aufwärts auf die rechte laterale Peristomwand, der andere, sich bald in zwei wieder teilend, nimmt seine Richtung die Rinne hinauf. Manchmal kommt es vor, dass der obere Ast selbstständig entspringt; stets sind aber 2 Fasern in der Peristomrinne und eine auf der rechten Peristomwand vorhanden.

Es bleibt noch die Frage übrig: ist der ganze weite Raum, dessen einzelne Abschnitte wir im Vorhergehenden betrachtet haben, als Peristom aufzufassen, oder umfasst er mehrere Teile?

Stein trennt ihn in die Peristomhöhle und in den Schlund. Die Grenze befindet sich nach ihm auf der Höhe des Peristomwinkels, weil hier das Peristom, durch die Abgrenzung des Blindsacks oder Trichters oder, nach unserer Bezeichnung, der löffelartigen Vertiefung verengt, in ein geschlossenes trichterförmiges Rohr übergehe. Diese Teilung ist jedenfalls nicht mehr aufrecht zu erhalten, nachdem sich herausgestellt hat, dass die Vertiefung der ventralen Wand nicht ein abgeschlossener Teil ist, sondern mit dem übrigen Peristomraum in enger Kommunication steht, mithin die weite Höhle ohne scharfe Grenze, vielmehr ganz allmählich an Breite abnimmt, eine wesentliche Verengung derselben erst im untersten Abschnitt eintritt. Will man also eine Teilung vornehmen, so muss man in einem andern Punkte die Grenze bestimmen.

Wenn man überhaupt die merkwürdige Bildung des ganzen Peristoms verstehen und in Zusammenhang mit der Verwandtschaft der B. truncatella zu den Stentoren bringen will, so kann man sich nur so dieselbe vorstellen, dass das Peristom mit allen seinen Teilen in die Tiefe hinabgesenkt ist, wobei es einige Modi-

ficationen erfahren hat. Dadurch hat die ganze adorale Wimperzone ihre merkwürdige Lage im Innern des Tieres erhalten. Bei den Stentoren nun lassen wir den Schlund beginnen dort, wo die adorale Wimperzone unter spiraligen Windungen in die Tiefe des Körpers hinabsteigt. Als Überrest gleichsam dieser spiraligen Windungen möchte ich eine Umknickung ansehen, welche, von Stein übersehen, sich nahe vor der Mündung findet und die adorale Wimperzone sowohl als auch die unter ihr liegenden Streifen betrifft. Durch diese Umknickung (Fig. 3 *sh*) wird der zuvor obere Teil der untere und umgekehrt. Den Abschnitt von hier bis zur Mündung möchte ich, wenn es überhaupt nötig ist zu trennen, als Schlund bezeichnen.

Fassen wir noch kurz das über das Peristom der B. truncatella mit seinem kurzen Schlundteile zusammen! Nur an seiner weiten Öffnung steht es mit der Körperwand in Verbindung, sonst hat es seine eigenen Wandungen, eine ventrale und eine dorsale sowie zwei schwache laterale. Sein Raum wird durch zwei Erhebungen, eine dorsale, den Peristomwulst, und eine ventrale, das Septum, in zwei Hälften nicht wirklich, sondern nur scheinbar getrennt. In der linken Hälfte liegt nur die Peristomrinne, in der rechten dagegen der grösste Teil der Wimperzone mit den unter ihr liegenden Streifen oder Muskelfasern und die löffelförmige Vertiefung. Die Bedeutung der letzteren ist völlig unklar, über die der Peristomrinne kann nur eine Vermutung ausgesprochen werden, welche auch Stein anfangs gekommen ist, später aber, als er in ihr einen Längskanal sah, als irrig von ihm zurückgewiesen ward, dass sie nämlich dazu dient, die Nahrung, welche oft in grossen Infusorien wie z. B. Stentoren besteht, aufzunehmen und den adoralen Wimpern, welche ihr entgegenschlagen, die Herabbeförderung in den Körper zu erleichtern.

Wie schon oben gesagt ist, bin ich in der Auffassung in Bezug auf die gekrümmten Querstreifen wesentlich durch die Untersuchungen bestärkt, welche ich in dieser Hinsicht an den Stentoren, Spirostomeen und Vorticellinen angestellt habe.

Durch die Untersuchungen Greeffs, Eckards und Engelmanns ist es jetzt wohl als definitiv festgestellt zu betrachten, dass die Lieberkühn'schen hellen Fasern, nicht die Stein'schen Körnerstreifen bei den Stentoren als die wahren Muskelemente anzusehen sind. Greeff und Engelmann gelang es auch, sie zu isolieren. Das gleiche Resultat in noch günstigerem Masse er-

erreichte ich bei Stentor viridis besser als bei St. coeruleus durch langsames vorsichtiges Drücken oder durch plötzliches ziemlich starkes Quetschen des Deckglases. Die Fasern traten auf weite Strecken hin völlig frei aus der Umgebung heraus, ohne durch Körnchen getrübt zu werden. Sie hatten die von Engelmann angegebene Grösse von 0,001 mm, sie waren stark und gleichmässig lichtbrechend. Zuweilen zeigten sie Verdickungen, die, da sie unregelmässig auftraten, wohl einer verschieden starken Kontraction zuzuschreiben sein werden. Ihr Querschnitt war fast rhombisch, wie ich durch Schnitte, welche mittelst des Mikrotomes durch Stentoren ausgeführt wurden, feststellen konnte. Auf diesen hoben sich die Querschnitte der Fasern durch ihre starke Lichtbrechung und durch die mit Carmin bewirkte starke Färbung von der Cuticula, von der sie wenig, aber doch deutlich sichtbar entfernt waren, und von dem Innenparenchym scharf ab.

Der Verlauf der Fasern zeigt manche Eigentümlichkeiten. Die meisten Forscher nehmen an, betonen es manchmal sogar, dass „die Enden dieser netzförmig verbundenen oder auch einzeln verlaufenden Fäden stets das hintere Körperende, „Saugnapf, erreichen und sich hier befestigen, dass die breiten Streifen aber weder ein Netzwerk bilden noch das hintere Körperende erreichen, sondern häufig vor demselben ohne Verbindung mit den benachbarten endigen, ja oft blosse keilförmige Stücke zwischen den hellen Streifen bildend“. Dieses Verhalten der beiden Streifenarten trifft im hinteren Körperende allerdings zu, im vorderen dagegen nicht immer. Die hellen Linien, auf welchen die Wimpern stehen, und unter welchen, wie es die Ansicht aller Forscher und auch die meinige ist, allein die Fasern verlaufen, schieben sich oft ohne Zusammenhang mit andern und ohne das hintere Körperende zu erreichen, von oben her zwischen die körnigen Streifen ein, andere von unten heraufziehende gelangen wiederum nicht bis zum Peristom. Wir müssen daher annehmen, dass entweder unter diesen hellen Partieen die Fasern fehlen, oder dass vom Peristom aus ebenso wie vom Saugnapf Fasern entspringen, welche verschieden weit unter der Cuticula hinauf-, resp. herunterlaufen. Meine Ansicht ist, dass beides der Fall sein kann. Die Fasern sind nämlich am untersten Ende des contrahierten Körpers am stärksten, und diese Stärke reicht bis zu einer gewissen Höhe, etwa bis zu einem Drittel des Körpers hinauf, so dass scheinbar eine Ringzone entsteht, die noch deutlicher hervortritt, weil bis zu dieser Grenze auch die ominöse Querstreifung der Körner-

streifen am kenntlichsten ist, und der Körper das Aussehen erhält, als stecke er in einem Korbe von Fasern. Nach oben zu werden sie beträchtlich dünner und sind bald nicht mehr zu erkennen, wohl deshalb, weil sie fehlen. Andere sieht man dagegen wieder unterhalb des Peristomes auftreten. Auch die Querschnitte sprechen für diese Ansicht. Man sieht nämlich auf den Schnitten, welche den oberen Teil des Stentors durchteilt haben, an dem Rande nur ganz vereinzelt Faserquerschnitte, die sehr fein sind, auf den tiefer getroffenen Stellen nehmen sie an Zahl zu und stehen noch tiefer in regelmässigen Abständen von einander und haben eine ziemliche Stärke.

Am Saugnapf finden sich manchmal Fasern, die nur eine sehr kurze Strecke hinaufreichen, einen körnigen Streifen spaltend. Vielleicht hat man in ihnen neue Anfänge von Fasern zu sehen. Ist dieses richtig, so müssten wir den Saugnapf als die Ursprungsstätte der meisten Muskelfasen betrachten.

Oft kehrte bei St. coeruleus eine besonders auffallende Verzweigung der Fasern wieder. Während nämlich der grösste Teil derselben, ohne sich zu verästeln, aufwärts verlief, war eine Faser auf der einen Seite gelegen, welche viele, bis 10 übereinander stehende Seitenzweige abgab. Da die Anzahl der Fasern stets am Peristom eine grössere ist als am Saugnapf, was eben durch häufige Teilung bewirkt wird, so ersetzte gleichsam die eine Faser die fehlenden, welche von den übrigen ausgehen sollten.

Ausser diesen bisher allein bekannten Körpermuskeln finden sich bei den Stentoren auch gesonderte Peristommuskeln. Das Wimperband, welches von den Körperstreifen durch eine sehr schmale ringförmige, streifenlose Zone getrennt ist, zeigt ein ähnlich zusammengesetztes Streifensystem wie der übrige Körper. Parallel den Körperstreifen verlaufend, sind sie nur so lang, wie das Wimperband breit ist, und die beiden Streifenarten wechseln bedeutend häufiger; Anastomosen kommen nicht vor. Unter den hellen Linien nun sieht man gleichfalls ebenso lichtbrechende, homogene Fasern verlaufen wie unter den andern am Körper. Senkrecht zu ihnen, also parallel dem Verlaufe des Wimperbandes, ziehen andere stärkere Fasern, die erst eine kurze Strecke vor der Umdrehung der Wimperzone in die Tiefe des Körpers zu beginnen scheinen. Ihre Anzahl betrug 3 oder 4. Eine glückliche Isolation bei St. coeruleus gab über den Zusammenhang und über ihre Natur den besten Aufschluss. Es zeigte sich, dass jene kurzen und feinen Fasern inseriert waren an einer der ringförmig

verlaufenden und stärkeren. Die Abstände, in welchen sie von diesen entsprangen, stimmten genau mit denen der hellen Streifen des Wimperbandes überein. Da sich auch auf den Querschnitten stets an der Stelle, wo sich die Wimperspirale befand, kurze Stücke — welche bei ihrer Lage natürlicherweise schief getroffen waren — von demselben Aussehen wie die Querschnitte der Körpermuskeln fanden, so kann wohl kein Zweifel darüber bestehen, dass wir in diesen Fasern Muskeln zu sehen haben. Ob die Peristomfasern alle nur von einer der ringförmig verlaufenden als Äste abgegeben werden — 6 waren völlig isoliert — oder auch von den andern, konnte ich nicht erkennen. Der Kontraction dieser Fasern werden wir die Einziehung des Peristoms zuzuschreiben haben.

Was für St. coeruleus und viridis im Vorhergehenden gesagt ist, gilt auch für St. polymorphus und Roeselii.

Spirostomum ambiguum, so gross es auch ist, eignet sich für die Untersuchung seiner Myophane sehr wenig, weil sie bedeutend zarter sind und durch ihren schrägen Verlauf über den Körper sich schlecht erkennen lassen. Es gelang mir zwar oft genug, viele frei zu isolieren, um ihre Übereinstimmung im Bau, in ihrem Lichtbrechungsvermögen und in ihrem Aussehen mit denen der Stentoren zu erkennen, aber ob es einzelne in sich zurücklaufende Fasern sind oder ob es nur eine einzige, vielleicht unter Verästelungen den Körper umziehende ist, konnte nicht constatiert werden; ersteres halte ich aber für wahrscheinlich. Ebenso sehr blieb ich im Dunkeln über das Vorhandensein von Peristomfasern.

Günstigere Resultate erhielt ich bei der Untersuchung der Vorticellinen, von denen Carchesium polypinum, Vorticella nebulifera und V. microstoma, Epistylis galea, flavicans, nutans, Steinii (?) und mehrere andere nicht näher bestimmte Formen aus den verschiedenen Familien beobachtet wurden. Leider vermochte ich nicht ein Zoothamnium zu erhalten und kann für sie sowie für die marinen Vorticellinen nur die Untersuchungen anderer Forscher zur Hülfe heranziehen, welche allerdings in Bezug auf die Verbreitung der Muskelfasern im Körper selbst sehr wenig Aufklärung geben.

Über die Ausbreitung des Stielmuskels im Körper von Vorticella und Carchesium einerseits und den Verlauf der Fasern im Körper der nicht contractilstieligen Epistylis liegen folgende, kurz zu erwähnende Beobachtungen vor. Die ersten Forscher, darunter

Stein, glaubten, der Stielmuskel teile sich in zwei Fäden, ein Irrtum, der von Lachmann dahin berichtigt wurde, dass diese nur den Ausdruck einer contractilen Schicht darstellten, welche sich trichterförmig im hinteren Körperteile ausbreitete. Später erkannte man, dass es einzelne Fäden waren, ohne ihren Verlauf genau feststellen zu können. Everts erkannte zuerst, dass die Schicht Längsstreifung zeigte und sich bis zum Peristom herauf erstreckte; er fügt aber hinzu: „ich muss hervorheben, dass irgend eine Bildung, welche man wahren Muskelfasern vergleichen könnte, von mir nicht beobachtet ist, wobei ich nicht in Abrede stellen will, dass dieser Schicht ein Kontractionsvermögen zukommt.“ Das Verdienst, die einzelnen Fasern im Körper vom Anfang bis zum Peristom hinauf verfolgt zu haben, gebührt unstreitig erst Engelmnn, welcher seine Beobachtung an der grossen, für diese Untersuchung sehr geeigneten Epistylis galea machte. Wrześniowski bestätigt diese Beobachtung und fügt eine neue hinzu für eine zweite Epistylisart, E. flavicans. Bei dieser hat er erkannt, dass die Längsstreifen im Körper scharf begrenzte glänzende Fasern darstellen, ganz ähnlich denen, die von Lieberkühn bei Stentor beschrieben seien. Bei E. flavicans hat er ferner richtig gesehen, dass sie von körnigen Streifen getrennt sind und sagt: „Das Rindenparenchym ist bei E. flavicans ebenso wie bei Stentor beschaffen, mit dem einzigen Unterschiede, dass bei der erst genannten die Verästelung der Fasern vollständig zu fehlen scheint.“ Diese zwei Beobachtungen Engelmanns und Wrześniowskis sind die einzigen, welche genauen Aufschluss über den Verlauf der Fasern geben, beziehen sich aber beide auf Epistylisarten. Es lohnte sich deshalb wohl der Mühe, zu untersuchen, wie sich in diesem Punkte die kleineren Epistylisarten, besonders aber die Vorticellen und Carchesien verhielten.

Am besten unter den contractilstieligen Vorticellen sind die Fasern sichtbar bei Carchesium polypinum, auf welches sich auch die Figur 12 bezieht, der Stiel tritt scheinbar als zwei starke Fäden in den Körper ein, welche sich zur Cuticula unter einem stumpfen Winkel wenden und hier sich scheinbar befestigen. Anfangs war ich geneigt diese zwei Fäden als den Längsschnitt einer contractilen trichterförmigen Membran zu halten; bestärkt wurde ich in dieser Ansicht, indem ich an der Insertionsstelle eine kleine Verdickung wahrnahm, welche sich bei verschiedener Einstellung fortsetzte und sich als einen Ring um den Körper erwies. Eine genauere Untersuchung mit sehr starken Vergrösse-

rungen klärte bald den Irrtum auf. Der Ring gehört der Cuticula an. Merkwürdiger Weise ist derselbe bisher von allen Forschern übersehen worden. Derselbe findet sich, soweit meine Untersuchungen an vielen Arten zu einer Verallgemeinerung berechtigen, bei allen Vorticellinen. Er liegt etwa auf einem Viertel der Körperhöhe und bezeichnet die Stelle, auf welcher beim Ablösen des Tieres von dem Stiel der hintere Wimperkranz entsteht, weshalb er Wimperring (Fig. 12—15 *wr*) genannt sein mag. Nie entstehen die Wimpern an irgend einer anderen Stelle des Körpers; man sieht sie als kleine lichte Pünktchen hervorsprossen, welche bald und rasch zu Wimpern emporwachsen. Ich sehe in diesem Ringe nichts anderes als einen verstärkten Cuticularring, wie sie den Körper wahrscheinlich aller Vorticellinen in grosser Mehrzahl umgeben. Er bewirkt auch schon beim ausgestreckten Tier eine leichte Einschnürung des Körpers, bei der Kontraction hindert er diese sich über den Körper ganz gleichmässig auszudehnen. Der letztere erhält hier, indem der obere Teil der Cuticula über den Ring etwas gezogen wird, eine ringförmige Vertiefung (Fig. 15), welche für die contractilstieligen Vorticellen ungemein charakteristisch ist, bei den Epistylisarten, wie wir sehen werden, weniger aufhällt.

Der Wimperring bezeichnet ferner die Stelle, wo die Muskelfasern die Cuticula erreichen. Schon etwas vor dem Eintritt in den Körper teilt sich der Stielmuskel (Fig. 12) in feine Fäden; diese treten unter stumpfem Winkel an die Cuticula, erreichen sie dort, wo der Ring liegt, und wenden sich dann gerade aufwärts zum Peristom, an dessen Rande sie ihr Ende nehmen. Es sind scharf begrenzte, glänzende Fasern (Fig. 12—15 *m*), genau so wie wir sie, wie Wrzésniowski richtig sagt, bei Stentor kennen. Auch hier ist ein gleiches Streifensystem vorhanden; körnige und helle homogene, welche die Muskeln tragen, alternieren regelmässig. Erstere sind nicht so körnerreich wie bei Stentor und sind bedeutend breiter als die homogenen.

Dadurch ist auch die Zahl der Fasern eine geringe. Sie schwankt zwischen 20 und 30, da häufig Anastomosen sowohl am oberen Teile als auch am unteren Ende eingegangen werden. Die zwei scheinbar starken Seitenfäden sind der Ausdruck für mehrere Fasern; sie werden natürlich um so stärker, je mehr sie sich der Ursprungsstelle am Stiel nähern, oder je mehr die Fasern zusammentreten. Während der Kontraction sind sie straff gespannt und bilden eine gerade Linie vom Stiel bis zur Cuticula; sonst sind sie

länger und etwas gebogen (Fig. 12 und Fig. 15). Eine Vereinigung mit dem Wimperring gehen sie nicht ein weder direct noch durch ein Seitenfädchen, wie ich genau feststellen konnte; sie gehen aber haarscharf an ihm vorbei nach aufwärts. Manchmal erweckt es den Anschein, als ob die Fasern ein Seitenfädchen abgeben; es täuscht hier aber stets das abgewandte Ende des Ringes, welches bei tieferer Einstellung zum Vorschein kommt und scheinbar eine Verbindung mit den Fasern eingeht. Ebenso treten sie mit dem Oesophagus oder dem Wimpertrichter in keinen Zusammenhang.

Die Verhältnisse, wie sie soeben für Carchesium polypinum beschrieben sind, kehren wieder genau in derselben Weise bei den anderen Carchesien und Vorticellen, welche ich untersucht habe, so dass ich nur die Schilderung wiederholen könnte.

Wahrscheinlich verhält sich auch Zoothamnium so. Die einzige Beobachtung hierüber rührt von Engelmann her und ist an Z. arbuscula gemacht. Hier soll bei den kleineren Individuen der Stielmuskel sich als feine Fäden in den Körper fortsetzen, bei den grösseren aber nicht. Wie weit die Fäden sich hinauf erstrecken, wird nicht gesagt. Dass die grösseren sich von den kleineren Individuen so wesentlich in Bezug auf diesen Punkt unterscheiden, erscheint mir sehr merkwürdig und unwahrscheinlich.

Die kleineren Epistylisarten bieten grössere Schwierigkeiten als die contractilstieligen wegen ihrer starken unregelmässigen Kontraction, welche sie oft zur Seite richtet, einerseits und wegen ihrer geringen Grösse andererseits. So konnte ich bei E. nutans und andern kleinen Arten nicht alle Fasern einzeln bis zum Peristom verfolgen, viele nur bis zur Hälfte des Körpers. Doch auf die Beobachtungen, welche ich an grösseren Formen machte, und auf die Untersuchungen Engelmanns und Wrześniowskis hin stehe ich nicht an, denselben Verlauf der Fasern bis zum Peristom auch für die kleineren Arten anzunehmen. Für E. galea habe ich nichts zu Engelmanns trefflichen Beobachtungen hinzuzufügen; nur in Bezug auf die Peristommuskeln, deren Vorhandensein Wrześniowski nicht bestätigt, muss ich sagen, dass allerdings solche vorhanden sind, aber gesondert von den Körpermuskeln. Von oben sieht man nämlich auf dem Peristomfeld scharf begrenzte Linien von dem für Muskelfasern charakteristischen Aussehen verlaufen; die Körpermuskeln enden aber, wie genau festgestellt werden konnte, am Peristomrande und gehen auch nicht die arcadenartigen Verzweigungen, welche Engelmann angiebt, ein. Ihre

Zahl lässt sich leicht bestimmen, sie war der für C. polypinum angegebenen gleich; im unteren Teile 18—20, im oberen 24—30.

In dem unter dem Wimperring gelegenen Abschnitt bilden sie durch sehr häufige Anastomosen ein weitmaschiges Netz (Fig. 14).

Zu der Beschreibung Wrześniowskis über E. flavicans habe ich noch einiges hinzuzufügen. Zunächst fehlen die Anastomosen der Fasern auch hier nicht, besonders im unteren Körperabschnitt kommen sie oft genug vor. Auch wenden sie sich nicht gerade aufwärts an der Cuticula entlang von der Basis des Tieres, wie Wrześniowski anzunehmen scheint, sondern treten, wenn auch nicht unter so scharfem stumpfen Winkel wie bei den contractilstieligen Vorticellinen, stets aber erst am Wimperring an die Cuticula. Der Stiel von E. flavicans ist bekanntlich hohl, nur an seinem oberen Ende auf eine sehr kurze Strecke hin verdickt. Wrześniowski glaubt, dass die Höhlung im Stiele erst später eintrete, von Anfang an nicht vorhanden sei. Das verdickte Endstück scheint aber in seinem mittleren Teile nicht dem Stiele, sonderm dem Körper des Tieres anzugehören. Löst sich nämlich ein Epistylis von seinem Stiele ab, nachdem der hintere Wimperkranz gebildet ist, so bleibt dieses mittlere verdickte Stück nicht im Stiele zurück, sondern wird vom Tiere mitgenommen, wie ein Pfropf herausgezogen. Es erscheint dann fein faserig, wie es der Stiel sonst nicht ist. Ob es mit den Körpermuskeln in Zusammenhang steht, etwa als Ausgangsstätte oder einem verkümmerten Stielmuskel gleich zu setzen ist, vermag ich nicht zu sagen; soweit ich erkennen konnte, unterhielt es keine Verbindung mit den Fasern.

Dadurch, dass dieser Pfropf mitgezogen wird, wobei der zurückgebliebene, hohle Stiel an der Spitze sich schliesst und spitz wird, ist vielleicht eher zu erklären, dass der Stiel hohl wird, indem um diesen Pfropf herum derselbe ausgeschieden wird und von Anfang an seine Höhlung erhält, und dass das verdickte Ende sich nur da findet, wo auch ein Tier sitzt auf einem der Zweige.

Eine interessante Epistylisart lebt auf den Kiemenblättchen von Gammarus pulex. Es ist nach der Beschreibung und der Abbildung Wrześniowskis die von ihm benannte E. Steinii oder dieser nahe verwandt. Sie ist deshalb so interessant, weil sie eine Zwischenstellung zwischen Epistylis und Carchesium einnimmt, und mit jeder Familie einige Charaktere besonders in Bezug auf den Stiel teilt. Mit Carchesium hat sie gemeinsam, dass ein Stiel-

muskel vorhanden ist, der sich nicht continuierlich verzweigt. Wrześniowski schreibt nichts von seiner Kontractilität. An älteren Tieren ist allerdings wenig davon wahrzunehmen, weil der kurze Stiel (Fig. 13) mit fremden Gegenständen dicht besetzt ist und dadurch verfilzt erscheint. Die Tiere scheinen in festen Röhren zu stecken, durch welche der Muskel kaum hindurchscheint. Bei jüngeren Tieren dagegen, bei welchen die Verfilzung des Stieles noch wenig ausgebildet ist, sieht man deutlich, dass der Stiel contractil ist. Seine Bewegung ist keine zurückschnellende, sondern ein langsames Zusammenschrumpfen nach abwärts, wobei seine Querfalten noch schärfer als vorher deutlich werden.

Mit Epistylis hat sie gemeinsam, dass der Stiel Längsstreifung zeigt, welche wohl mit dazu beiträgt, die Kontraction desselben zu vermindern. Dieselbe tritt besonders in dem oberen Teile, der am freiesten von den fremden Gegenständen ist, deutlich hervor. Eigentümlich ist dieser Art, dass der Stielmuskel sich nicht im Körper in Fasern teilt, dass überhaupt solche nicht vorhanden sind. Der Stielmuskel setzt sich oben etwas sich verbreiternd oder auch sich teilend glatt an den Körper an, ohne in ihn einzutreten. Statt der Fasern sieht man aber im unteren Teile, von der Basis des Körpers aber noch durch einen Zwischenraum getrennt, eine ziemlich starke, sofort auffallende Körnchenlage, welche grosse Lichtbrechung zeigt. Der Querschnitt dieser Lage ist mehr oder weniger dreieckig (Fig. 13). Von ihr geht eine einfache Schicht zur Kuticula, die sie am Wimperringe erreicht, und wendet sich dann aufwärts bis zum Peristom. Die Körnchen sind nicht zu regelmässigen Streifen angeordnet, sondern liegen unregelmässig, aber in einfacher Schicht neben einander. Unterhalb der Körnchen liegt eine, durch die dreieckige Masse muldenförmig eingebuchtete, scheinbar homogene Schicht. Die genaue Übereinstimmung in der Lage und Anordnung und ihre starke Lichtbrechung bringt den Gedanken sehr nahe, dass wir es hier mit einer contractilen Schicht zu thun haben, in welcher die Ausbildung zu Fasern unterblieben ist.

Eine der E. Steinii (?) ganz ähnliche Carchesiumart lebt ebenfalls auf dem Gammarus pulex an demselben Orte. Auch ihr Stiel ist arg verfilzt, und die Kontraction sehr reduciert, wenn auch nicht so stark wie bei E. Steinii (?) Manchmal, besonders jüngere Individuen lassen sich schwer von denen der E. Steinii (?) unterscheiden; nur die Verbreitung des Stielmuskels im Körper,

welche bei dieser völlig übereinstimmt mit der anderer Carchesien, ist dann ausschlaggebend.

Fassen wir nun die Resultate, welche wir gewonnen haben, zusammen, so dürfen wir wohl behaupten, dass, von einigen Ausnahmen wie E. Steinii (?), bei der die Lebensweise vielleicht einflussreich gewesen ist, abgesehen, die Kontractilität des Körpers der Süsswasservorticellinen ihren Sitz hat in stark lichtbrechenden, scharf begrenzten Fasern, welche entweder von der Basis des Körpers wie bei den nichtcontractilstieligen ihren Ursprung nehmen oder directe Fortsetzungen des Stielmuskels sind, dass diese Fasern unter einem mehr oder weniger stumpfen Winkel zur Cuticula laufen, sich an der Stelle, wo der Wimperring liegt, inserieren und dann bis zum Peristom herauf unter Anastomosen verlaufen; dass ferner die Fasern durch körnige Streifen von einander getrennt sind, und dass endlich in dem Punkte, welcher die Körpermuskeln betrifft, die Vorticellinen im Wesentlichen mit den Stentoren und Spirostomeen übereinstimmen.

Die beiden Hauptgruppen, die contractilstieligen und die nichtcontractilstieligen Vorticellinen, unterscheiden sich von einander in der Wirkung der Kontraction auf den Körper. Für diese scheint die Grösse des schon öfter erwähnten stumpfen Winkels, welche durch die Körperform einerseits und durch die Lage der Ursprungsstelle der Fasern andererseits bestimmt wird, von Einfluss zu sein. Ist nämlich der Körper breit, und entspringen die Fasern vom Mittelpunkt der Körperbasis, welcher meist dem Eintritt des Stielmuskels gleichkommt, so werden bei der Kontraction die Fasern straff angezogen und bilden von der Insertionsstelle an der Cuticula bis zum Stielmuskel eine etwas schräge Linie (Figur 15). Der unterhalb des Wimperringes gelegene Teil des Körpers wird nach unten vorgewölbt und erhält eine nabelförmige Vertiefung. Faltungen sind wenige vorhanden, der Ring tritt scharf hervor.

Ist dagegen der Körper schmal, und entspringen die Fasern an der Peripherie der Körperbasis, so wird der untere Abschnitt nicht nach unten vorgewölbt, sondern in viele unregelmässige Falten gelegt. Die Fasern sind ebenfalls straff gespannt, bilden aber eine der Cuticula parallel verlaufende Linie (Fig. 14). Der Wimperring ist der Falten wegen nicht deutlich erkennbar, er zeichnet sich vor ihnen nur durch die von ihm bewirkte regelmässige, auf gleicher Höhe den Körper umfassende Einschnürung aus.

Dass zwischen diesen beiden Kontractionsweisen Übergänge stattfinden können, versteht sich von selbst.

Wie sich in Bezug auf diese im Vorigen behandelten Fragen die Meeresvorticellinen verhalten, darüber müssen erst Untersuchungen abgewartet werden; in den bis jetzt vorliegenden ist ihnen so gut wie keine Berücksichtigung zu Teil geworden. Da ihr Bau sonst im Wesentlichen mit dem der Süsswasservorticellinen übereinstimmt, so werden sie sehr wahrscheinlich auch im Bau und in der Anordnung ihrer contractilen Elemente nicht abweichen.

Wenn wir uns nun am Schlusse dieser Betrachtungen die Structur und die Anordnung den Fasern bei diesen Familien vergegenwärtigen, so wird es uns wohl nicht unwahrscheinlich ererscheinen, auch die selbstständigen Fasern, welche wir bei B. truncatella kennen gelernt haben, da wir bis jetzt keine andere Deutung für derartige Fasern wissen, für Muskelelemente zu halten. Zwei Punkte könnten dieser Deutung vielleicht noch Schwierigkeiten in den Weg legen: einmal, dass keine Kontraction an ihnen gesehen ist, und dann, dass jede Faser eine verschiedene Stärke hat. Mir scheinen diese Schwierigkeiten nicht so gross zu sein. Die versteckte Lage der Fasern und die heftige Bewegung der Wimpern, welche sie verdecken, machen es fast unmöglich, am lebenden Tiere Kontraction zu erkennen. Wozu aber sollen sie dienen? Wenn man bedenkt, dass den Bursarien Stentoren und andere ihr an Grösse fast gleichkommende Infusorien zur Nahrung dienen, so könnte man sich wohl vorstellen, die Fasern verengten das weite Peristom und hinderten dadurch das gefangene Tier im Verein mit den kräftigen adoralen Wimpern wieder aus demselben zu gelangen. Einen ähnlichen Zweck haben vielleicht auch die Körpermuskeln der Stentoren neben der Kontraction des Körpers zu erfüllen, indem sie die hinabgeschluckte Nahrung z. B. Rotiferen, welche die grössten Anstrengungen zur Befreiung machen, manchmal auch den Stentorleib durchbrechen, bewältigen helfen.

In Betreff des zweiten Punktes kann man anführen, dass in der Kontraction auch die Muskelfasern der Stentoren eine grössere Stärke im unteren Abschnitt des Körpers als im oberen zeigen. Die Grenze zwischen beiden ist auch hier ziemlich scharf.

Ehe ich diesen Gegenstand verlasse und zum zweiten Teile der Untersuchung übergehe, verlangt noch eine wichtige Frage eine Besprechung, nämlich die nach der Entstehung der Muskelfasern bei den Infusorien. Die meisten Forscher nahmen eine be-

stimmte, meist an dem unteren Ende des Tieres gelegene Ursprungsstätte an; hier entständen die Fasern in einem vorhandenen Bildungsmaterial und verbreiteten sich weiter wachsend von hier aus über den übrigen Körper. Ganz anders äussert sich LEYDIG über diesen Punkt. Nach ihm sollen die contractilen Züge aus einer bestimmten Anordnung von Teilchen, welche den Knotenpunkten des protoplasmatischen Schwammwerks gleich seien, hervorgehen, indem diese Knoten der Bälkchen stellenweise nach aussen, also unmittelbar unter der Cuticula in Längsreihen sich ordneten. Wie aus der vorliegenden Untersuchung hervorgeht, bin ich der ersten Ansicht beigetreten, indessen nur vorläufig, weil ich in nächster Zeit eigene Untersuchungen anzustellen hoffe; ich will daher jetzt auf dieses wenige Gesagte mich beschränken und nicht erörtern, welche Gründe für oder wider die eine oder die andere Meinung sprechen.

II. Die Encystierung.

Die erste und auch die einzige Notiz, welche die Literatur über die Encystierung der B. truncatella aufweist, stammt aus dem Jahre 1854 von CIENKOWSKI. Dieser berichtet: „Bei B. truncatella sieht man klar, dass sich unter der zuerst an der Kugel (Cyste) ausgeschiedenen Membran eine zweite sternförmige bildet. Nach vollendeter Entwicklung der Membran hört der Inhalt auf sich zu bewegen, wird körnig, dunkel und lässt ein inneres contractiles Bläschen wahrnehmen. Nachdem sie mehrere Tage lang gelegen hatten, sah ich oft 2, 4—5 kleine Zellen, die ganz leise in der Cyste herumrotierten. Wahrscheinlich Sporen.“ Durch Einwirken von Sommerwärme sollen die Bursarien binnen 3—4 Stunden in den Cystenzustand übergeführt worden sein. Dieses Letztere muss ich zuerst als unrichtig zurückweisen. In der Hoffnung, die Encystierung besser und leichter beobachten zu können, machte ich das gleiche Experiment, aber alle Tiere, welche ich der Sonnen- oder der Stubenwärme aussetzte, zeigten zwar manchmal Neigung sich zu encystieren, gingen aber bald zu Grunde. Soweit ich die Zeit, welche die Encystierung in Anspruch nahm, angeben kann, dauerte sie wohl einen vollen Tag. Andere Unrichtigkeiten in der Beschreibung CIENKOWSKI's werde ich später berichtigen. Auffallender Weise schreibt dieser Forscher nichts über die merkwürdige Rückbildung, welche der Encystierung stets vorausgeht. Ein äusseres Anzeichen, welches auf die Absicht des Tieres, sich

zu encystieren, hinweist, tritt im Aussehen hervor. Bei durchfallendem Lichte erscheint es milchweiss, während es vorher fast farblos war. STEIN berichtet Ähnliches für Individuen, in welchen die sogen. Embyronenbildung vor sich gehen sollte. Offenbar sind die Tiere ebenfalls im Übergange zur Encystierung gewesen, wie die weitere Bemerkung zeigt, dass sie das Peristom verloren oder eingeklappt haben, wie STEIN sich ausdrückt, weil er sich nicht denken kann, dass sie es verloren haben können. Die milchweisse Färbung nun hat ihren Grund darin, dass das Innenparenchym ungemein stark vacuolisiert wird. Eine — nicht pulsierende — Vacuole begrenzt die andere, und es ist kaum Platz für das Protoplasma gelassen, welches in dünnen Strängen durch das Netz zieht. Vereinzelt sieht man auch Nahrungsballen. In Folge der starken Vacuolisierung ist eine Trübung eingetreten, welche im Verlaufe der Encystierung noch mehr zunimmt, bei auffallendem Licht das Tier dunkelgrau erscheinen lässt und die einzelnen Teile des Peristoms fast unsichtbar macht.

Ein weiteres äusseres Anzeichen ist die geringe Bewegung des Tieres; das freie Umherschwimmen hört fast auf, meist liegt es an einem Gegenstande befestigt.

Die wichtigsten Veränderungen gehen aber im Innern vor sich. Die Vacuolisierung des Parenchyms, welche schon besprochen ist, ist die eine Folge, die völlige Rückbildung des Peristoms mit allen seinen Teilen die nächste und wichtigste.

Der erste Schritt bezieht sich auf die Aufhebung der Scheidewände, welche es in zwei Hälften teilten. Das ventrale Septum scheint zuerst verloren zu gehen. Es folgt ihm der Schlund und die löffelförmige Vertiefung mit ihrer Bewimperung. Fig. 6 und 7 zeigen zwei Umwandlungsstadien. Die Reducierung der einzelnen Teile wird befördert besonders durch die Verengung des Peristoms. Indem die ventrale und besonders die dorsale, aber auch die lateralen Wände mehr und mehr der Mitte zu zusammenrücken, wird einerseits die Function des Peristoms, die Nahrungsaufnahme, aufgehoben, andererseits werden die Unregelmässigkeiten und die einzelnen Abteilungen des Peristoms verwischt. Durch die Rückbildung des untersten Abschnittes wird die Gestalt des Peristoms eine gerade, gestreckte. Ob am unteren Ende eine Öffnung erhalten bleibt, kann ich nicht sagen, halte es aber für wahrscheinlich. Nahrung geht aber durch dieselbe nicht mehr in den Körper hinab; die noch vorhandenen Nahrungsballen sind ausgestossen worden.

Die Peristomrinne wird zunächst wie alle Teile in der unteren Partie flacher und tritt nicht mehr deutlich abgegrenzt hervor. Während die adoralen Wimpern sehr früh abgeworfen oder eingezogen werden, erhalten sich die Muskelfasern, soweit nicht ihr Boden wie im unteren Teile verschwunden ist, sehr lange, wenn sie auch in ihrem Aussehen und in ihrem Verlaufe sehr modificiert sind. In die Streckung des Peristoms sind auch sie mit hineingezogen worden. Während sie vorher als scharf abgegrenzte, glänzende Fasern von ihrer körnigen Umgebung sich deutlich abhoben, teilen sie jetzt fast deren Aussehen. Bedeutend verschmälert und kürzer geworden, dabei körnig an Aussehen sind sie nur an ihrer gleichmässigen Richtung und an ihrem gleichmässigen Abstand von einander erkennbar. Dass sie irgendwie noch thätig sein können, daran ist natürlich nicht zu denken.

Während in seiner unteren Hälfte das Peristom von unten nach oben sich rückbildet, scheint der letzte Rest in der Weise verloren zu gehen, dass die dorsale Wand sich den Rändern des sehr reducierten ventralen Spaltes nähert, schliesslich mit ihnen zusammenfällt und verschmilzt, nachdem die Rudimente der noch vorhandenen Teile als Fasern und Rinne völlig aufgelöst sind.

Mit dem Verlust des Peristoms, das der B. truncatella das charakteristische Aussehen gibt, hat sie eine Form erhalten, welche jeden, welcher die Umwandlung nicht kennt, zu der Ansicht verleiten muss, ein ganz neues Infusor vor sich zu haben. Ausser dem Mangel des Peristoms und der milchweissen Färbung treten noch zwei Momente hinzu, welche die Verschiedenheit dieses Stadiums von dem ausgebildeten Tiere vergrössern: seine Form und die Grösse seiner Trichocystenschicht.

Während die anderen Teile an Grösse eingebüsst haben, ist letztere mit dem Fortschreiten der Encystierung mehr und mehr, über das Doppelte seiner früheren Breite gewachsen. Dabei scheinen sich die Stäbchen nicht vermehrt zu haben, sie sind aber länger geworden und haben ihren Abstand von einander erweitert, sodass jetzt die Schicht an Aussehen und an Grösse gleichkommt etwa der eines Paramaeciums. Da auch die Form aus der ovalen in eine eiförmige übergegangen ist (Fig. 8), und die Grösse des Tieres abgenommen hat, so könnte man es am ehesten mit einem Paramaecium vergleichen. Die Grössenabnahme ist einerseits wohl dem Zusammenfallen des grossen Peristoms zuzuschreiben, andererseits aber einer Teilung des Tieres während der Rückbildung. Notwendig zur Encystierung scheint sie nicht zu sein, tritt aber

sehr oft auf. Es schien hierbei, als ob die schon reducierten Teile nur in soweit wieder angelegt werden, als sie in dem alten Tiere noch vorhanden sind; irgend welchen hemmenden Einfluss auf die Rückbildung übte die Teilung nicht aus. Einige Tiere nämlich, welche nur noch mit ihrem lang ausgezogenen Kerne, der seine Membran eingebüsst hatte und auch sonst ein verändertes Aussehen zeigte, zusammenhingen, hatten nur noch schwache Reste der Muskelfasern und eine kleine Spur des oberen Teiles vom Peristom. Letzteres scheint, wie andere, die in früheren Teilungsstadien sich befanden, zeigten, analog den Stentoren erst im neuen Tiere selbstständig angelegt zu werden. Der Kern hatte bei diesen Anfangsstadien die Gestalt eines kurzen, dicken und geraden Schlauches. Die Muskelfasern waren bereits zweifach vorhanden, das Peristom dagegen nur einfach.

Auf diesem Stadium, wo das Peristom völlig rückgebildet ist, die Trichocystenschicht dagegen ihre grösste Ausdehnung erreicht hat, verharrt das Tier längere Zeit. Es giebt auch seine ruhige Lage wieder auf, indem es verschieden von seiner früheren Bewegung rasch und ohne viele Drehungen zu machen das Wasser durchschwimmt. Nach einigen Stunden wird es wieder ruhiger und vollendet seine Encystierung, die in einer allmählichen Verschmälerung seiner Trichocystenschicht, in der Umwandlung des vacuolisierten Parenchyms zu einer körnigen Masse, in dem Verlust seiner Wimpern und endlich in der Abrundung seiner Gestalt besteht. Cienkowski berichtet irrtümlich, dass das Tier noch nach der Hüllenausscheidung bewimpert gewesen sei und sich bewegt habe. Einige Exemplare, welche gerade im Begriffe waren, die Membranen auszuscheiden, zeigten bereits keine Wimpern mehr, mit deren Verlust sie auch ihre Beweglichkeit eingebüsst hatten. Die Ausscheidung der Membranen selbst konnte ich leider nicht ganz beobachten, da die Tiere wahrscheinlich in Folge der Störung mit der Ausscheidung aufhörten und bald zu Grunde gingen, und kann daher nur eine Vermutung aufstellen. Doch vorerst wollen wir uns mit dem fertigen Bau der Cyste bekannt machen (Fig. 11).

Richtig unterscheidet Cienkowski zwei Membranen, eine einfache, von regelmässig runder Form und eine sternförmige, nur verlegt er letztere irrtümlicher Weise innerhalb der ersteren, während sie in Wirklichkeit die äussere Begrenzung der Cyste bildet.

Die Bildung der äusseren Hülle, der sogen. sternförmigen, ist schwer zu verstehen. Man denke sich etwa viele Parallelogramme

von ungleicher Grösse unregelmässig über die Peripherie einer Kugel nebeneinander ausgebreitet; an dem Schneidepunkte ihrer Diagonalen wären sie nach innen eingebuchtet, so dass — von oben gesehen — Vertiefungen und Erhebungen abwechseln, so käme die Form der äusseren Cystenmembran heraus. Die grössten Vertiefungen liegen nun nicht stets genau in der Mitte, d. h. entsprechen nicht genau dem Schneidepunkte der Diagonalen, vielmehr sind sie sehr oft seitwärts gerückt; dadurch wird die Unregelmässigkeit noch vergrössert. An diesen Punkten nun setzen sich Stäbchen, welche von der innern Membran ausgehen, fest und vermitteln die Verbindung beider Membranen. Diese Stäbchen sind solid, an ihren beiden Enden verbreitert; sieht man auf sie herab, so gewähren sie den Eindruck behöfter Tüpfel, indem man zwei concentrische Kreise erblickt, von denen der innere ihrer engsten Stelle, also ihrer Mitte, der äussere der weitesten Ausdehnung, also ihrer Befestigungsstelle an der äusseren resp. inneren Membran entspricht (Fig. 9). Sie dienen zum Festhalten der äusseren an der innern Membran; morphologisch entsprechen sie Erhebungen der letzteren, der ersteren gehören sie mit keinem Teile an. Mit der inneren teilen sie ihre Wände, welche unmittelbar ineinander übergehen (Fig. 10). Dieses Verhältnis wird besonders dann klar, wenn durch etwas heftige Berührung der Cysten der Verband beider Membranen gelöst ist. Es liegen dann die Stäbchen an der inneren allein, während die äussere, welche in Folge ihrer grossen Elastizität zurückgeschnellt ist und ihre Einbuchtung aufgegeben hat, keine Spur mehr von jenen zeigt.

An einer, scheinbar bestimmten Stelle liegt ein sehr grosses Stäbchen, die andern besonders an Breite bedeutend übertreffend. Mit der Grösse des Stäbchens ist auch das entsprechende Parallelogramm grösser und flacher geworden (Fig. 11 *g*).

Dieses Stäbchen scheint keinen anderen Zweck zu haben, als die Befestigung der Membranen unter einander zu verstärken und die völlige Trennung derselben unmöglich zu machen. Während nämlich bei starker Berührung die kleinen Stäbchen ihre Verbindung mit der äusseren bald aufgaben, blieb das grosse in seinem engen Zusammenhange bestehen und wurde selbst bei völligem Zerplatzen der Cyste nicht aus seiner Lage gedrängt, so dass es, wie man vermuten könnte, nicht etwa als Deckelapparat zur leichteren Befreiung des Tieres aus der Cyste dienen kann.

Die innere Membran zeichnet sich vor der äusseren, abgesehen von den vor ihr ausgehenden Stäbchen, durch ihre gleich-

mässige, homogene Beschaffenheit, ihre fast doppelt so grosse Mächtigkeit und ihre Festigkeit und endlich durch ihr grösseres Lichtbrechungsvermögen aus. Sie umgrenzt den Inhalt, welcher in Folge der zwiefachen Einschliessung, wovon die äussere oft noch mit fremden Gegenständen besetzt ist, schlecht sichtbar ist. Er tritt als dunkelbraune Masse hervor, die aus groben, gleich grossen Körnern zusammengesetzt ist. Der Kern ist zuweilen als helle rundliche Flecken an einzelnen Stellen, wo er in seinen mehrfachen Windungen die Oberfläche der Cyste berührt, sichtbar; um ihn ganz zu erkennen, bedarf es einer starken Pressung der Cyste. Während sonst der körnige Inhalt überall die innere Membran eng begrenzt, tritt er unter dem grossen Stäbchen, sehr selten auch an der entgegengesetzten Seite von der Wand zurück und ist hier völlig gleichmässig abgeflacht. Die genaue regelmässige Anordnung der Körner, wie wenn sie aneinander gereiht wären, lässt vermuten, dass der Zwischenraum zwischen der inneren Membran und dem Protoplasma mit einer Masse, welcher Art sie auch sein mag, erfüllt ist, oder dass das Protoplasma mit einem sehr dünnen Häutchen überzogen ist.

Weitere Einschlüsse habe ich nicht bemerkt, nur das Auffallende sei erwähnt, dass eine Cyste 2 contractile Vacuolen barg; um so auffallender, als, wie wir oben gesehen haben, sie beim nicht encystierten Tiere völlig fehlten. Vor meinen Augen verschwanden sie bald nach einander, ohne wieder aufzutauchen. Auch Cienkowski erwähnt ihrer und scheint sie häufiger gesehen zu haben; soweit ich gesehen habe, kommen sie äusserst vereinzelt vor.

Wie geht nun die Ausscheidung der Hüllen vor sich? Sicher wird zuerst die äussere abgeschieden, wahrscheinlich in völlig gleichmässiger runder Form, wie sie die innere hat. Ist die letztere fertig gebildet mit ihren Stäbchen, so wird sich das Tier wahrscheinlich zusammenziehen mit der inneren Membran und dadurch die äussere vermittelst der Stäbchen einwärts biegen, aber nur an den Stellen, wo diese befestigt sind, und derselben die besondere Form verleihen.

Die äussere Membran ist nur ein Schutzmittel und ist dazu befähigt einerseits durch ihren Abstand von der innern, andererseits durch ihre grosse Elastizität und Nachgiebigkeit, welche Quetschen und das Zurückschnellen bei Lösung der Stäbchen zur Genüge beweisen.

Die Encystierung ging fast bei allen Tieren — es waren

gegen 100 — zu gleicher Zeit im December vor sich. Cienkowski lässt sie schon nach einigen Tagen wieder die Cyste verlassen; ich kann hierin ihm nicht beistimmen, da die erste Bursaria erst gegen Ende des Februars frei wurde, der Cystenzustand also volle zwei Monate gedauert hatte. Die anderen folgten in noch grösseren Abständen.

Über ihre Veränderungen im Innern der Cyste ist wenig zu sagen; es fanden so gut wie keine statt. Cienkowskis rotierende Sporen werden wohl auf Flagellaten, die auch in meinen Gläsern in einige Cysten gedrungen waren und den Inhalt in Form runder Kugeln ausmachten, zurückzuführen sein. Soviele Cysten ich zu verschiedenen Zeiten untersucht habe, nie zeigte irgend eine ein anderes Aussehen, als dass der Inhalt sich in zwei Schichten gesondert hatte, in eine mittlere dunklere und eine hellere peripherische; welche Bedeutung diese Sonderung hatte, vermag ich nicht zu sagen; der Kern war stets unverändert, und das Tier sonst auch. Nie konnte ich irgend etwas entdecken, was auf eine, doch zu erwartende Teilung innerhalb der Cyste hinwies. Das Tier verlässt in demselben Zustande die Cyste wie es sie gebildet hat, nur scheint es schon in der Cyste eine kleine Einbuchtung in der Mitte als Anlage des Peristoms zu erfahren, wodurch es Ähnlichkeit in der Form erhält mit einer Nautilusschale. Die weitere Ausbildung zur fertigen B. truncatella geht in gleicher Weise vor sich, nur natürlich in umgekehrter Reihenfolge wie die Rückbildung, so dass ich hierüber kein Wort zu verlieren brauche.

Soweit mir bekannt ist, hat man bisher noch bei keinem anderen Infusor eine derartige regressive Metamorphose, wenn ich mich so ausdrücken darf, verfolgt. Wahrscheinlich findet sie in ähnlicher Weise auch bei andern statt, z. B. den verwandten Stentoren. Steins Angaben über deren Encystierung — dass sie, um nur Eines hervorzuheben, in der Cyste die Muskelfasern behalten haben — erscheinen mir nach dem, was Bursaria uns darüber gezeigt, äusserst zweifelhaft.

Bonn. Zoolog. Institut 1884/85.

Literatur.

1. Claparède et Lachmann, Études sur les Infusoires etc. Vol. I u. II. 1858—61.

2. Czermak, Ueber den Stiel der Vorticellinen. Z. f. w. Z. Bd. IV. 1853.

3. Eckhard, Die Organisationsverhältnisse der polygastrichen Infusorien. Arch. f. Naturg. 1846.

4. Ehrenberg, Die Infusionstierchen als vollkommene Organismen. 1838.

5. Engelmann, Contractilität und Doppelbrechung. Pflügers Arch. f. d. g. Phys. Bd. XI. 1875.

6. Entz, Die Infusorien des Golfes von Neapel. Mitth. a. d. zool. St. z. Neapel. Bd. V. 1884.

7. Everts, Vorticella nebulifera. Z. f. w. Z. Bd. XXIII. 1873.

8. Gruber, Die Protozoen des Hafens von Genua. Nova Acta Leop. XLVI. No. 4. 1884.

9. Greeff, Untersuchungen über den Bau und die Naturgeschichte der Vorticellinen. Arch. f. Naturg. 1870, 1871.

10. Häckel, Zur Morphologie der Infusorien. Jen. Z. 1873. Bd. VII.

11. Kölliker, Der feinere Bau der Protozoen. Icon. histiol.

12. Kühne, Myologische Untersuchungen. 1860.

13. Lachmann, Müllers Arch. 1856.

14. Leydig, 1) Lehrbuch der Histologie. 1857.
2) Vom Bau des tierischen Körpers. Bd. I, 1. 1864.
3) Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Tiere. 1883.

15. Lieberkühn, Müllers Arch. 1857. Anm.

16. Stein, 1) Die Infusionstiere etc. 1854.
2) Organismus der Infusionstiere. 1859—1883.

17. Schmidt, Vergl. Anatomie. 1852.

18. Wrześniowski, Beiträge zur Naturgeschichte der Infusorien. Z. f. w. Z. Bd. XXIX. 1877.

Erklärung der Figuren.

Fig. 1. Bursaria truncatella. *m* = Muskelfaser; *n* = Kern; *pr* = Peristomrinne; *s* = Septum; *tr* = Trichocystenschicht; *w* = Peristomwinkel.

Fig. 2. Optischer Querschnitt durch die Mitte von B. truncatella. *d* = dorsale Seite; *i* = Innenparenchym; *pr* = Peristomrinne; *pw* = Peristomwulst; *s* = Septum; *tr* = Trichocystenschicht; *v* = ventrale Seite; *w* = Wimpern.

Fig. 3. Dorsale Wand des Peristoms von B. truncatella. *m* = Muskelfasern des Peristomwulstes; *h* = horizontaler Schenkel; *v* = verticaler Schenkel der Fasern; *m'* = Fasern der Peristomrinne; *pr* = Peristomrinne, *pw* = Peristomwulst; *sh* = Beginn des Schlundes.

Fig. 4. Ventrale Wand des Peristoms von B. truncatella. *m* = Enden der Fasern des Peristomwulstes; *s* = Septum.

Fig. 5. Muskelfaser des Peristomwulstes mit einer adoralen Wimper von B. truncatella.

Fig. 6, 7 und 8. Umwandlungsstadien von B. truncatella zur Encystierung. *m* = Fasern des Peristomwulstes; *n* = Kern; *pr* = Peristomrinne; *tr* = Trichocystenschicht.

Fig. 9. Das grössere Stäbchen der Cyste von B. truncatella, von oben gesehen.

Fig. 10. Aeussere und innere Membran der Cyste von B. truncatella. *a* = äussere; *i* = innere.

Fig. 11. Cyste von B. truncatella. *n* = Kern; *g* = das dem grösseren Stäbchen angelagerte Parallelogramm.

Fig. 12. Carchesium polypinum. *m* = Muskelfasern; *wr* = Wimperring.

Fig. 13. Epistylis Steinii (?). *wr* = Wimperring.

Fig. 14. Epistylis galea, contrahiert. *m* = Muskelfasern; *wr*
wr Wimperring.

= Fig. 15. Vorticella nebulifera, contrahiert. *m* = Muskelfasern;
= Wimperring.

Die embryonale Entwicklung der Bothriocephalen.

Von

Dr. H. Schauinsland.

(Hierzu Tafel VII—IX.)

Meine Untersuchungen über die embryonale Entwicklung der Trematoden (43) bewogen mich, dieselben auch auf einen Theil der übrigen Plathelminthen auszudehnen, zumal ich hoffen durfte, mit Hülfe derjenigen Methoden, welcher ich mich mit Erfolg bei jener Arbeit bedient hatte, die Schwierigkeiten, die sich dem eingehenden Studium der Bildungsvorgänge im Ei gerade bei diesen Thieren entgegenstellen, zu beseitigen. Ich veröffentliche hiermit zunächst meine Beobachtungen über die Embryonalentwicklung der Bothriocephalen.

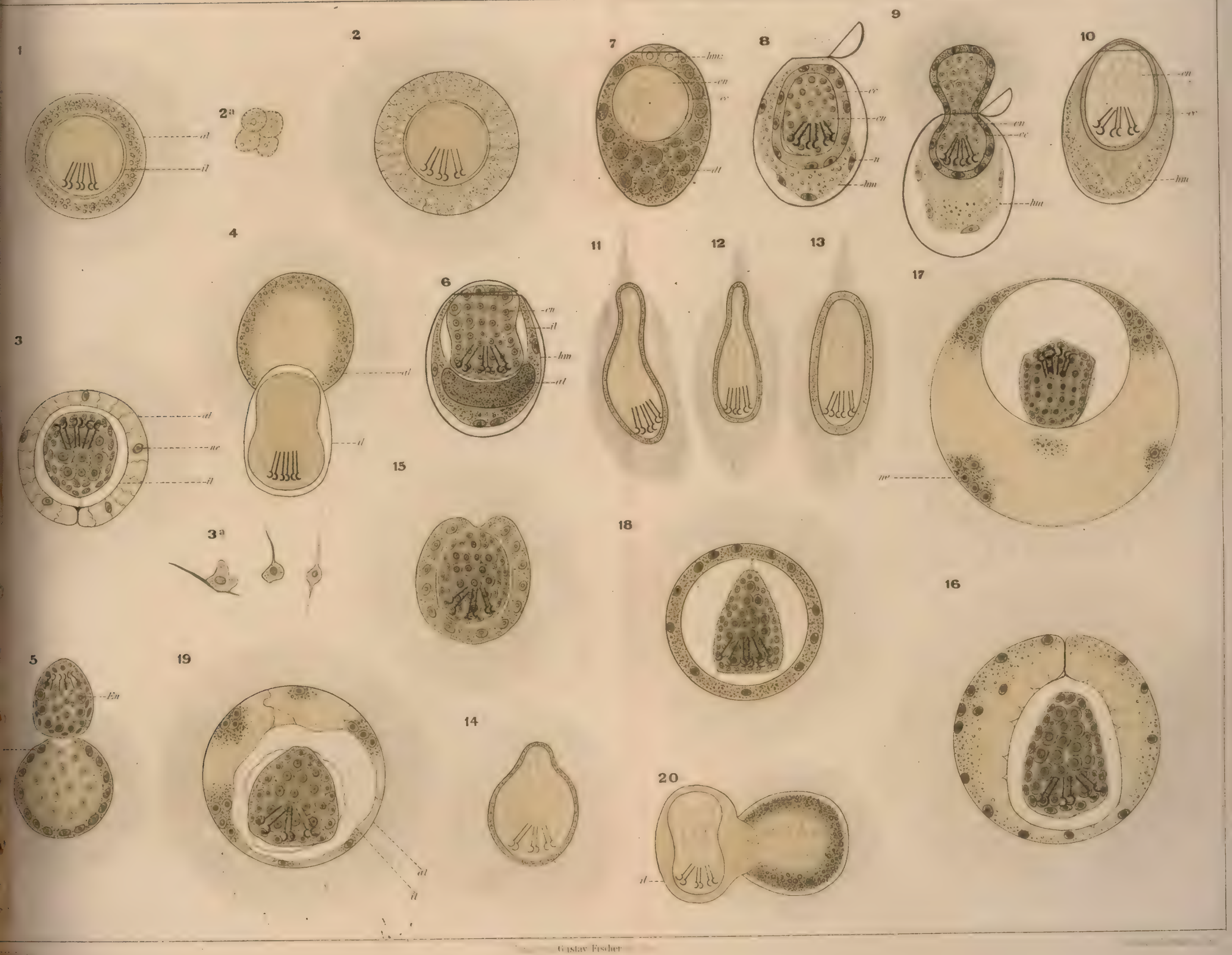
Abgesehen von der Kleinheit und Undurchsichtigkeit der Eier der meisten Bothriocephalen bereitet auch die Schwierigkeit, passendes Material zu erhalten, der Untersuchung manches Hinderniss. Es ist nicht leicht, will man sie methodisch auf mehrere Gattungen oder Arten dieser Thiere ausdehnen, sich dieselben innerhalb einer geraumen Zeit zu beschaffen; der Zufall spielt hierbei eine grosse Rolle. Ich habe daher auch häufig zu künstlichen Fütterungsversuchen meine Zuflucht nehmen müssen, um mir geschlechtsreife Thiere zu besorgen.

Dieser Umstand erklärt es auch wol, dass der Arbeiten, die wir über diesen Gegenstand besitzen, verhältnissmässig wenige sind, und dass es durch dieselben noch nicht gelungen ist, mit Sicherheit festzustellen, auf welche Weise sich der Bothriocephalenembryo entwickelt, wenngleich wir auch bereits seit einigen Decennien über den Bau der ausgeschlüpften Larve hinreichende Kenntnisse haben. —

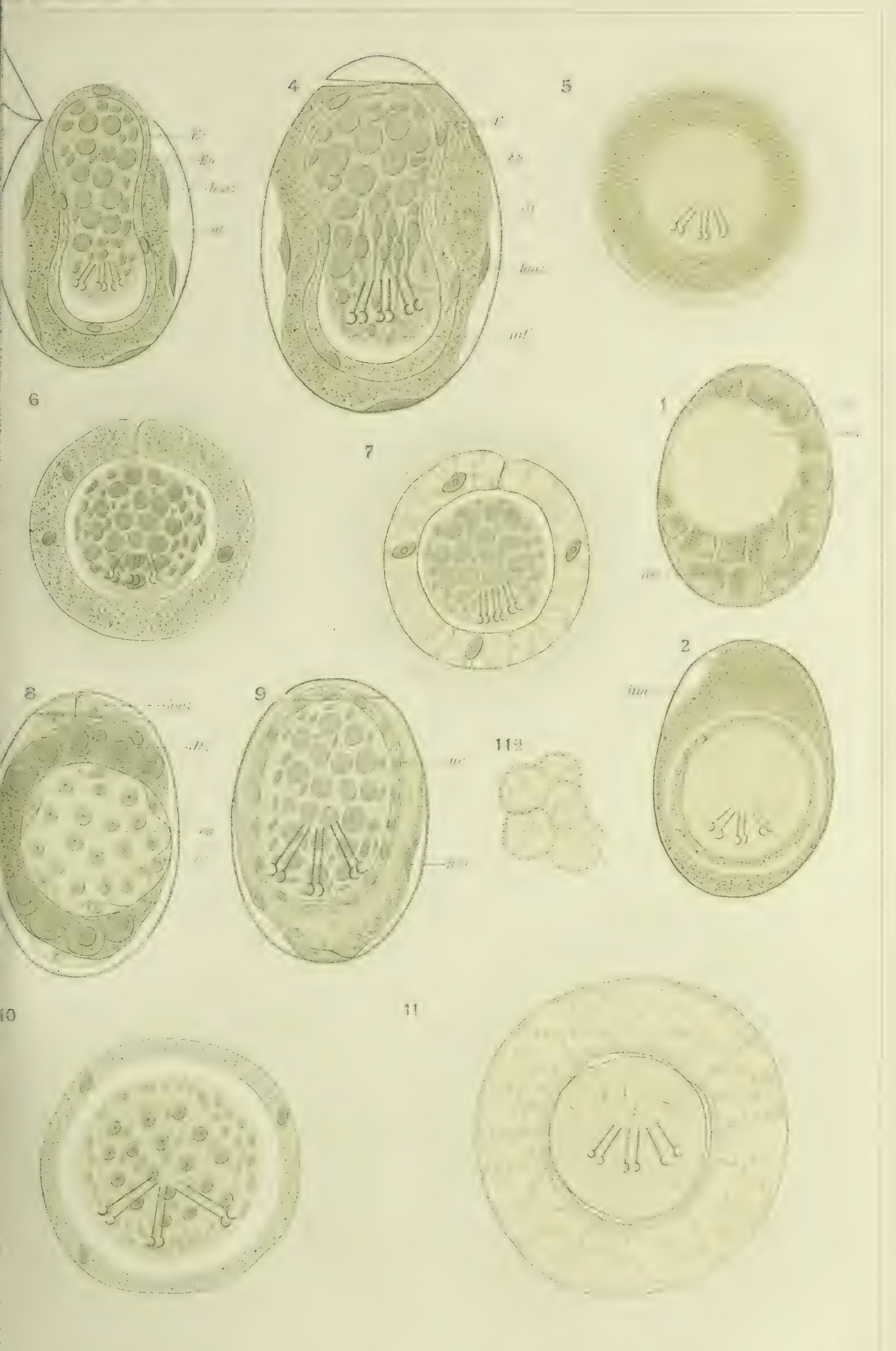
Die Litteratur auf diesem Gebiet ist ziemlich zerstreut; es

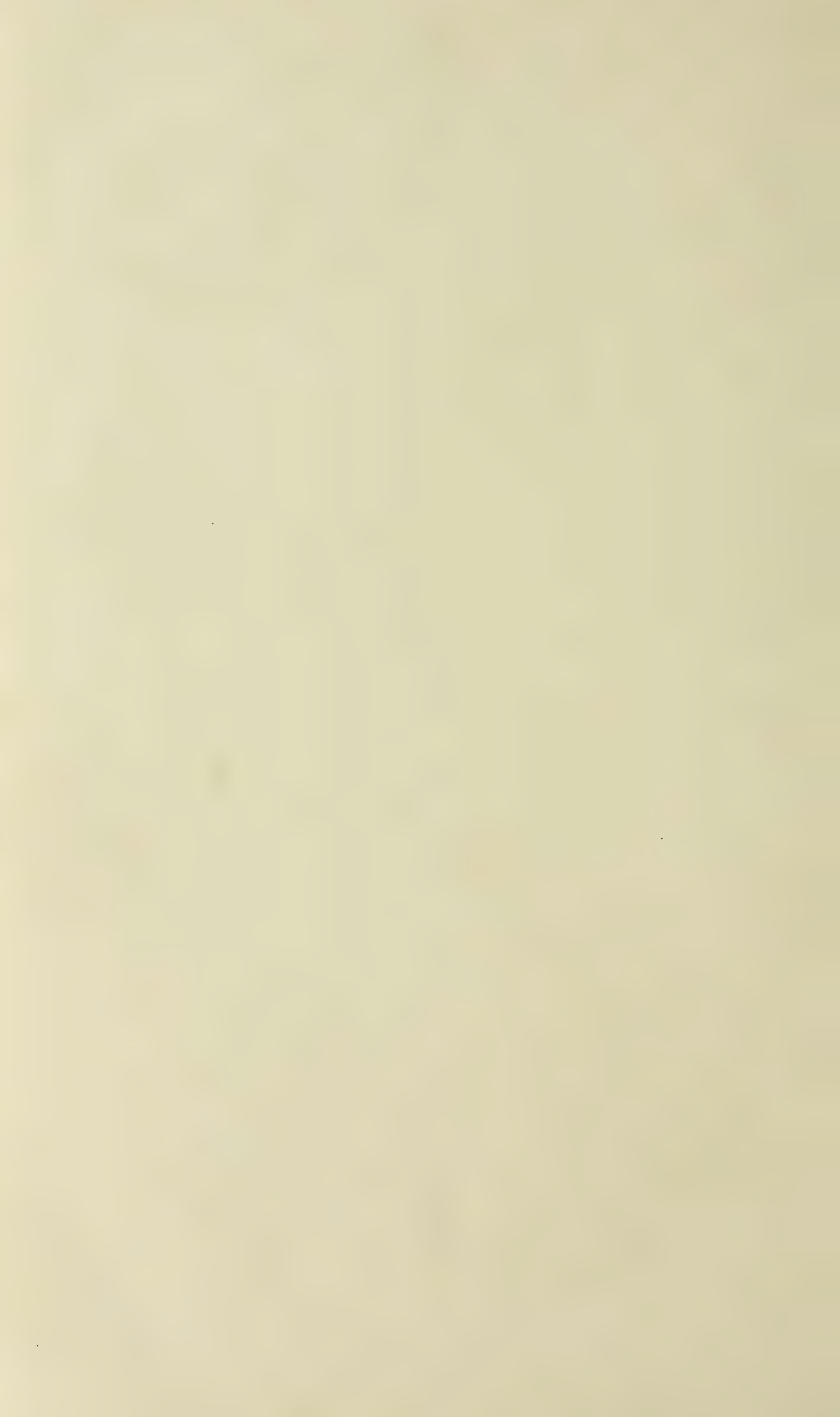






Gustav Fischer





würde daher vielleicht nicht unpassend sein, von ihr einen kurzen Gesammtüberblick in chronologischer Reihenfolge zu geben.

Meines Wissens war v. Siebold (4) der erste, der uns mit den Embryonen von Bothriocephalen und Tänien bekannt gemacht hat. In Burdachs Physiologie beschreibt er, wie sich bei den Eiern der Cestoden (er unterscheidet dabei nicht zwischen den Tänien und Bothriocephalen) entweder nur eine Eihülle nachweisen lässt (Triänophorus, Cariophylläus, Ligula, Bothriocephalus latus etc. und viele Tänien), die bei Ligula und Bothriocephalus latus mit einem Deckelchen aufspringt, oder zwei (Bothr. infundibuliformis und proboscideus), ja sogar auch drei bis vier. Sobald sich die Eier nebst ihren Eihüllen völlig ausgebildet haben, beginnt darauf die Entwicklung des Embryo, der bald rund, bald längs- oder queroval ist und weder Kopf, Hals noch Gliederung oder irgendwelche Organe in seinem Innern aufweist, mit Ausnahme von 6 kleinen Haken, die bei sämmtlichen vorkommen. Wunderbar erscheint es ihm dabei, dass sich dieselben auch bei den Bothriocephalenembryonen vorfinden, während die erwachsenen Thiere doch keine derartige Bewaffnung besitzen, weswegen er auch vermuthet, dass mit diesen eine Art von Metamorphose vorgeht.

v. Siebold war über die Bedeutung der einzelnen Hüllen noch nicht klar, da er unter anderem die Eischale der Bothriocephalen mit den Hüllen der Tänien zusammenstellt.

Kölliker (6) untersucht die Entwicklung eines in Salmo umbla vorkommenden Bothriocephalen (B. proboscideus) näher. — Er findet die jüngsten Eier aus Dotterhaut, Keimbläschen und Keimfleck bestehend. Erstere ist dünn und umschliesst einen an Körnern armen Dotter. Viel häufiger als so beschaffene Eier sind jedoch andere vorhanden, die auch eine äussere Eihaut besitzen. Bei diesen konnte er nur selten das Keimbläschen bemerken; der Dotter war dagegen im Verhältniss zu den erstgenannten sehr viel körnerreicher.

Kölliker ist hiernach die richtige Zusammensetzung des Eies noch entgangen. Er verwechselt, wie es nach ihm noch viele Andere, die die Eier der Plathelminthen beobachteten, gethan haben, die Eizelle mit dem Keimbläschen. Die erste Form der von ihm untersuchten Eier repräsentirt in der That erst die Eizelle, die noch keine Schale erhalten hat, welche sie zusammen mit den Nahrungsdotterzellen umhüllt. Kölliker dagegen meinte, dass der Nahrungsdotter homolog dem Dotter

der unbeschalten Eier (Eizellen) sei. Hieraus resultiren dann auch die Irrthümer der späteren Beobachter, welche die Bildung der ersten Embryonalzellen nur von dem Keimbläschen und nicht von der echten Eizelle ausgehend beschrieben.

Im Centrum des Eies innerhalb des Dotters, so schildert KÖLLIKER die weitere Entwicklung, tritt darauf eine helle Zellenmasse, die ersten Embryonalzellen, auf, deren Entstehen unklar blieb. Dieselben nehmen an Zahl fortwährend zu, sodass sie den Dotter schliesslich völlig durchbrechen. Sie sondern sich später in eine peripherische und eine centrale Schicht, und nur die letztere entwickelt sich zum Embryo, der mit 6 Haken bewehrt ist und der wahrscheinlich nach Resorption der Rindenschicht die Eihäute durchbricht.

GUIDO WAGNER (8) bildet einen Embryo von Tetrarhynchus corollatus ab, der ganz abweichend von allen übrigen Cestodenembryonen 4 statt 6 Häkchen aufweist, an deren festsitzendem Ende sich kontraktile Fäden zu inseriren scheinen.

Er erwähnt ausserdem, dass nach einer brieflichen Mittheilung CREPLIN's die Embryonen von Ligula und Triänophorus von kugeliger Gestalt sind und 6 Häkchen besitzen.

In seinem Lehrbuch sagt v. SIEBOLD (8) über die Entwicklung der Cestoden: „Die Entwicklung der Cestoden erfolgt in den Eiern in der Weise, dass sich nach dem Verschwinden des Keimbläschens im Innern der körnigen Dottermasse ohne stattfindende Durchfurchung derselben einzelne grössere und wasserhelle Embryonalzellen ausbilden, welche sich durch Theilung vermehren und verkleinern. Der ganze Haufen dieser Embryonalzellen wächst nach Aussen auf Kosten der Dottermasse und tritt zuletzt ganz an deren Stelle. Ist der Dotter völlig geschwunden, so überzieht sich die ganze Masse mit einem Epithelium und stellt einen runden oder ovalen Embryo dar."

Er berücksichtigt also hierbei nicht KÖLLIKERS Beobachtung über die Sonderung der Embryonalzellen in eine centrale und eine periphere Schicht.

WEDL (9) beschreibt uns die Entwicklung von Echinobothyrum typus. Auf der Oberfläche des Eiinhaltes bildet sich ein Maschenwerk aus, das dem „Chorion" seine Entstehung giebt. Innerhalb desselben erscheint dann ein heller Punkt, die erste Embryonalzelle. Das Maschenwerk verschwindet, und schliesslich bemerkt man innerhalb des Eis den Embryo in einer transparenten, abgesackten Schicht liegend. Das „Maschenwerk", welches nach ihm

das Chorion, d. h. die periphere Zelllage Köllikers bilden soll, ist wahrscheinlich nur der Ausdruck des zerfallenden und sich ablösenden Nahrungsdotters gewesen.

Nicht geringes Aufsehen machte es, als 1857 auf der Naturforscherversammlung zu Bonn die Beobachtung des holländischen Helminthologen Schubart (10) bekannt gemacht wurde, dass das Ei von Bothriocephalus latus nach durchlaufener Furchung (er hielt allerdings fälschlich die grossen Dotterballen für Furchungskugeln) sich im Wasser entwickele, und dass der sechshakige Embryo längere Zeit in demselben mit Hülfe eines dichten, ihm aber locker anliegenden Flimmermantels herumschwärme.

So befremdend erschien die Entdeckung von diesem so abweichend gebauten, infusorienartigen Embryo, dass man ihr anfangs auch einiges Misstrauen entgegenbrachte. — Bald jedoch folgte eine Bestätigung jenes Fundes in der umfangreichen Arbeit von Knoch (14) über Bothriocephalus latus. Der Verfasser dieser voluminösen Schrift sucht in ihr vor allem den Nachweis zu führen, dass die Uebertragung jenes Bandwurms in den Menschen durch die Embryonen direkt ohne Zwischenwirth erfolgt, was er durch mannigfaltige und komplicirte Experimente zu beweisen sucht. Ein besonderes Kapitel widmet er dem Embryo und seiner Entwicklung.

Die reifen, mit einem Deckelapparat versehenen Eier besitzen einen Eidotter, der aus hellen, fein granulirten, mit einer dünnen Haut umgebenen Furchungskugeln (!) besteht. Knoch gelang es bald, diesen Dotter ganz in Embryonalzellen von nicht geringer Grösse zerfallen zu sehen (!), er glaubt daher an eine Dotterfurchung, die ihn lebhaft an den Furchungsprozess in dem Bildungsdotter der Salmonideneier erinnert. Nach Verlauf einiger Monate bemerkt man den ausgebildeten, runden Embryo im Ei liegen, der noch von einer äussern mit Körnern erfüllten Hülle umgeben ist. Der Deckel des Eis öffnet sich darauf, der Embryo schlüpft heraus und schwimmt im Wasser mit Hülfe von kleinen, zarten, oben knopfförmig verdickten Cilien umher, die auf der äussern Hülle, dem „Embryonalschlauch“ festsitzen. Einige Tage hindurch tummelt er sich so umher, wobei sowohl der Embryonalschlauch als auch der Embryo selbst bedeutend an Grösse zunimmt. Die Bewegungen werden darauf langsam, das Cilienspiel hört auf, der Embryonalschlauch reisst, und der Embryo tritt aus ihm heraus, entweder ganz nackt oder noch mit einer hellen Masse umgeben, ein Vorgang, den Knoch für pathologisch hält.

Kurze Zeit darauf untersucht auch Leuckart (15) die Entwicklung dieses Embryos, und wenn er auch die Beobachtungen Knochs in mancher Hinsicht bestätigen kann, so weist er nach, dass die Dotterzellen, die Schubart und Knoch für Furchungskugeln hielten, zerfallen und an dem Aufbau des Embryos direkt nicht betheiligt sind. Er giebt richtige Abbildungen des Embryos und korrigirt auch namentlich Knochs falsche Angaben, dass die Flimmercilien nur kurz und unscheinbar seien, während sie in Wirklichkeit doch den Durchmesser des Embryonalkörpers um das Doppelte vergrössern. Auch er findet beim Heraustreten des Embryos aus der Flimmerhülle denselben noch von einer hellen Eiweissmasse umgeben, die später verschwindet.

Unabhängig von diesen Untersuchungen züchtet Bertolus (16) ebenfalls die Embryonen vom Bothriocephalus latus. Dieselben schlüpften im 8. Monat nach der Uebertragung der Eier in Wasser aus und bestehen nach ihm aus einer äusseren ausgehöhlten, dicht mit Flimmerhaaren bedeckten Halbkugel, die aus grossen prismatischen Zellen gebildet ist, und aus einer darin frei beweglich liegenden Masse, dem wirklichen Embryo.

Inzwischen war durch die Untersuchung Wedl's (13) an Tetracampos ciliotheka ein zweiter Bothriocephale aufgefunden worden, aus dessen Eiern, und zwar noch innerhalb des mütterlichen Körpers, sich ein bewimperter Embryo entwickelt, während G. Wagner (12) dagegen eine gute Abbildung von einem neuen flimmerlosen Embryo (von Dibothrium rugosum) brachte, der in der Eischale befindlich noch von einer „zweiten faltigen, dünnen Eihaut" umschlossen ist.

Eine weitere Arbeit Knoch's (17) beschäftigt sich mit der Entwicklung von Bothriocephalus proboscideus, die schon von Kölliker früher studirt worden war. Unsere Kenntnisse werden durch sie aber nicht nur nicht gefördert, sondern im Gegentheil sie bezeichnet einen Rückschritt in denselben. Knoch bestreitet nämlich Köllikers Beobachtung, dass sich der Eiinhalt in einen centralen Kern und eine periphere Schicht sondere, und dass sich der Embryo nur aus dem ersteren allein entwickle. Er findet allerdings Embryonen, deren äussere Haut sich in Falten gelegt hat, stellt dieselbe aber nicht als Homologon des Flimmermantels bei B. latus dar. Was von Kölliker als Umhüllungsmasse des Embryos beschrieben war, erweist sich nach ihm als der Ueberrest des körnigen Dotters, der während der Bildung des Embryonalkörpers allmählich verloren geht.

Diesen Irrthum stellt METSCHNIKOFF (18) in einer kleinen aber vortrefflichen Mittheilung über denselben Gegenstand richtig. — In dem Ei von Bothriocephalus proboscideus treten zwei Zellen auf, wie er sie auch bei Tänia cucumerina gesehn hat, die sich an den beiden Eipolen festsetzen und erst in späteren Entwicklungsstadien verschwinden, ohne dass es möglich wird, die Bedeutung dieser Zellen klarzulegen. Nach vollendeter Furchung, an der n u r die Keimzelle, nicht der sie umgebende Dotter theilnimmt, spaltet sich die Masse der Embryonalzellen in einen innern Kern, aus dem der Embryo entsteht, und in eine äussere Schicht, die nach Verlust ihrer zelligen Struktur sich in eine dünne Membran umwandelt, welche METSCHNIKOFF trotz ihres Mangels an Flimmercilien doch dem Wimpermantel von B. latus (und auch von Monostomum) für homolog erklärt, wie er sie auch mit der serösen Hülle der Insekten und der Larvenhaut der Nemertinen vergleicht.

Seit dieser vorzüglichen Untersuchung haben sich unsere Kenntnisse auf diesem Gebiet nicht mehr bedeutend erweitert, wenn auch noch eine Anzahl Forscher sich mit den Vorgängen bei der Entwicklung der Bothriocephalen beschäftigt haben.

Ed. v. BENEDEN (21) deutet auf die Aehnlichkeit der Tänien- und Bothriocephalenentwicklung hin und weist endgültig an der Hand von Untersuchungen an Tänia saginata, Kölliker's, Wagner's etc. Irrthum zurück, dass sich nur das „K e i m b l ä s c h e n“ bei dem Entstehen der ersten Embryonalzellen der Cestoden theilt und zeigt, dass dieses vermeintliche Keimbläschen eine richtige Zelle, die Keimzelle, ist. Er giebt in derselben Arbeit ausserdem noch richtige Abbildungen der Eier von Bothriocephalus punctatus. Interessant sind auch seine Bilder von der Embryonalentwicklung des Solenophorus, denn sie zeigen, dass bei diesem Bandwurm n e b e n der Eischale ausserdem noch eine den Embryo umhüllende Membran vorkommt, wenn es auch nicht möglich war, die Art und Weise ihrer Entstehung nachzuweisen.

R. v. WILLEMOES-SUHM (19. 22. 23.) veröffentlichte mehrere Beobachtungen über die Entwicklung von Schistocephalus, Ligula, Triänophorus und Bothriocephalus ditremus, die sich aber fast nur allein auf den ausgeschlüpften Embryo beziehn. Derselbe ist bei allen 4 Arten von einem dichten Flimmerpelz umgeben. Bei Schistocephalus und Triänophorus fand er, dass die Larve nach dem Platzen des Flimmermantels aus diesem herausschlüpfe, ohne dabei eine derartige Eiweissmasse mitzunehmen, wie sie LEUCKART

bei Bothriocephalus latus beschrieben hatte, und dann amöbenartig umherkrieche. Weitere Details bringt er garnicht, wie denn überhaupt Abbildungen und Beschreibung nur auf eine oberflächliche Untersuchung schliessen lassen.

Vor v. Willemoes-Suhm hatte übrigens schon Stepanoff (20) die Entwicklung von Triänophorus verfolgt und auch bei ihnen die Differenzirung des Embryonalkörpers in eine periphere Schicht und einen centralen Theil gefunden.

Schliesslich wären noch die Arbeiten einiger französischer Forscher, nämlich die von Duchamp (24–28), Donnadieu (29) und Moniez (31) zu erwähnen, welche aber alle etwas wesentlich Neues unsern Kenntnissen nicht hinzufügen konnten, ja im Gegentheil in mancher Hinsicht einen entschiedenen Rückschritt in denselben bezeichnen; letzteres ist namentlich von Donnadieu's Untersuchung über die Ligulaentwicklung zu sagen, die eine Fülle der bedenklichsten Beobachtungsfehler aufweist und im Widerspruch steht mit dem, was vorher von der embryonalen Entwicklung der Bothriocephalen sicher bekannt war. — Ich werde noch Gelegenheit finden, auf die obigen Arbeiten in den folgenden Seiten zurückzukommen.

Das, was wir über unsern Gegenstand wissen, verdanken wir zum grössten Theil nur den Untersuchungen von Kölliker, Metschnikoff und Leuckart; aber es ist nicht viel, und man könnte wol sagen, dass im Vergleich zu den Fortschritten auf fast allen übrigen Gebieten der allgemeinen Entwicklungsgeschichte die Embryologie der Bothriocephalen einen noch fast völlig unbekannten Theil derselben darstellt.

Meine eigenen Untersuchungen erstrecken sich auf:

Bothriocephalus rugosus. Rud.
„ latus Lin.
„ spec.?
Triaenophorus nodulosus Rud.
Ligula simplicissima. Rud.
Schistocephalus dimorphus. Crepl.

In Bezug auf die Eier und die Larven lassen sich dieselben und höchst wahrscheinlich auch alle übrigen Bothriocephalen in zwei Gruppen theilen.

Bei den einen beginnt die Entwicklung erst nach dem Ablegen der Eier in Wasser, bei den andern gelangen die Embryonen

bereits im Bandwurmkörper zur Reife; jene besitzen dickschalige, durch einen Deckel sich öffnende Eier mit sehr vielen, die Eizelle fast völlig verdeckenden Dotterzellen, diese dagegen dünnschalige, ungedeckelte, relativ wenig Nahrungsmaterial einschliessende Eier, die im Laufe der Entwicklung bedeutend an Grösse zunehmen. Die Larven der ersten Gruppe sind mit dichten Wimpern bekleidet, die der zweiten nackt.

Zu den letzteren gehört unter den von mir untersuchten Thieren nur Bothr. rugosus. Sicher sind hierher aber auch alle übrigen Bothriocephalen zu rechnen, deren Larven keinen Flimmerpelz besitzen, so namentlich auch B. proboscideus.

Es ist bereits seit längerer Zeit bekannt, dass das Ei der Bothriocephalen, namentlich der Formen mit bewimperten Larven die grösste Uebereinstimmung mit dem Trematodenei zeigt. Auch hier repräsentirt bekanntlich das Ei nicht nur eine Zelle, sondern es wird von einer grossen Anzahl zusammengesetzt, von denen sich jedoch nur eine, die wirkliche „Eizelle“ oder „Keimzelle“ aktiv an dem Aufbau des Embryo betheiligt; die übrigen übernehmen als „Dotterzellen“, welche bald dem Zerfall unterliegen, nur eine ernährende Funktion.

Am geeignetsten für die Untersuchung sind diejenigen Bothriocephalen, deren Larven nackt sind, weil einerseits bei ihnen, wie gesagt, die Entwicklung im mütterlichen Körper stattfindet, andererseits in ihren Eiern relativ wenig Dotter enthalten ist.

Die Entwicklungsvorgänge habe ich am Eingehendsten verfolgen können bei

Bothriocephalus rugosus. Rud.

Litteratur. WAGNER (12) giebt eine gute Abbildung eines fast reifen, noch in der Eischale befindlichen Embryos, der er aber nur sehr wenig erklärende Worte beifügt.

Ich fand diesen Bandwurm in ausserordentlich reichlicher Menge in allen daraufhin untersuchten Exemplaren von Lota vulgaris, wo er die appendices pyloricae und den Anfangsabschnitt des Darms so vollkommen ausfüllte, dass es wunderbar erschien, wie die Nahrung hier noch ihren Durchgang finden konnte. Jedenfalls konnten die Pylorusanhänge nicht zur Verdauung dienen, da sie von den Würmern so prall angefüllt waren, dass es kaum möglich war, dieselben herauszuziehn. Das ist jedoch nur in den Wintermonaten und im Frühjahr der Fall. Ende December oder im Laufe des Januar beginnt Bothr. rugosus Eier zu produciren,

welche Anfangs Februar die ersten Entwicklungserscheinungen erkennen lassen. Im Juni oder Juli sind reife Embryonen in den Eiern enthalten; es lösen sich dann grosse Stücke des Bandwurmkörpers ab und gelangen mit den fäces ins Wasser. Im August und in den Herbstmonaten waren die von mir untersuchten Quappen gänzlich frei von den Parasiten. Leider habe ich es unterlassen zu untersuchen, ob in der Darmschleimhaut vielleicht noch die Köpfe der Bothriocephalen vorhanden waren. Ich kann es daher auch nicht behaupten, ob die kleinen noch nicht geschlechtsreifen Würmer, die man bereits in den letzten Herbst- und den ersten Wintermonaten wiederfindet, von einer neuen Infizirung herrühren, oder ob sie nur an den Köpfen von Neuem gesprosst sind.

Eschricht (5) fand, dass Bothr. punctatus zu gewissen Zeiten alle Glieder abstösst, und dass nur die Köpfe in den appendices pyloricae des ihn beherbergenden Fisches zurückbleiben; dieselben erzeugen gegen den Winter hin neue Glieder, in denen sich jedoch erst im Frühjahr neue Geschlechtstheile ausbilden.

Es wäre das also ein ganz ähnlicher Vorgang wie der von mir beobachtete, mit dem alleinigen Unterschied, dass bei Bothr. rugosus die Bildung geschlechtsreifer Glieder bereits im Winter stattfindet. Man wird kaum fehlgehn, diese Periodicität in der Eiablage auf Anpassung an äussere Einflüsse zurückzuführen. Viele Bothriocephalen erzeugen zu jeder Jahreszeit Eier, wie z. B. B. latus und auch der in Fischen vorkommende Triänophorus; die Bedingungen zu ihrer Entwicklung werden wol jederzeit dieselben sein. Bei andern dagegen und namentlich bei solchen, die in Fischen schmarotzen (B. rugosus, B. punctatus), findet die Ablage der Eier nur in bestimmten Monaten statt. Das Ausschlüpfen der Embryonen wird abhängig sein entweder von Eigenthümlichkeiten des ersten Wirthes selbst (Laichzeit etc.) oder wird zusammenhängen mit gewissen Eigenschaften oder Lebensverhältnissen des nächsten, so dass dadurch gerade nur zu einer gewissen Zeit die günstigsten Chancen für die Entwicklung und das Einwandern der Larven vorhanden sind.

Die eben gebildeten Eier besitzen anfangs eine fast glashelle Schale. Im Laufe der Entwicklung, die 5 bis 6 Monate in Anspruch nimmt, vergrössert sich ihr Volumen ausserordentlich.

Ein derartiges Wachsthum hat bereits Kölliker (6) bei den Eiern von Bothr. proboscideus bemerkt, ebenso wie auch ich (43) bei Distomum cygnoides, wo die Embryonen ihre Entwicklung

auch im mütterlichen Thier selbst beenden, eine bedeutende Grössenzunahme gefunden habe.

Die Eier stellen eine längliche Ellipse dar, und nahe dem einen Pol zeigt die Schale eine knopfartige Verdickung, die WAGNER (12) fälschlich für einen Deckelapparat hält. Im Laufe der Entwicklung wird die Schale beträchtlich dünner, sodass sie schliesslich nur noch als eine ganz feine Membran erscheint, und gleichzeitig wird sie etwas dunkler gefärbt.

Bemerkenswerth ist es, dass die Entwicklung bei allen Eiern eines Thieres gleichen Schritt hält. Die Tänieneier bleiben ja auch bis zu ihrer Reife im Bandwurmkörper; während man aber bei diesen von den jüngsten bis zu den ältesten Proglottiden fortschreitend innerhalb derselben sämmtliche Entwicklungsstadien beobachten kann, findet man bei Bothr. rugosus zu einer bestimmten Jahreszeit auch immer nur ein bestimmtes Stadium. Dasselbe berichtet ESCHRICHT von Bothr. punctatus; auch hier stehn die Eier in der Ausdehnung des ganzen Thiers auf ein und demselben Reifestandpunkt.

Innerhalb der Schale befindet sich die verhältnissmässig grosse Eizelle, die bald rund (Taf. VII Fig. 3) bald elliptisch sein kann (Taf. VII Fig. 1, 2). Ebenso ist ihre Lage wechselnd. Bisweilen liegt sie dicht an einem Eipol (Taf. VII Fig. 3, 5), häufig aber auch in der Mitte. Im lebenden Zustand ist sie glashell, und man erkennt in ihr nur den glänzenden Nukleolus, der bisweilen auch in doppelter Zahl vorhanden ist, während man den sehr grossen Kern fast nur mit Reagentien zur Anschauung bringen kann.

Der übrige, weitaus grössere Theil des Eis wird von dem Nahrungsdotter angefüllt, der aus mehr oder minder grossen Körnchen und kleinen stark lichtbrechenden, durch Osmium sich intensiv schwärzenden Kugeln besteht und selten mehr im frischen Zustand seine Entstehung aus Dotterzellen errathen lässt. Allein durch Färbung lassen sich nach dem Herauspressen noch Kerne in der Dottermasse nachweisen. Nur sehr selten kann man neben der Eizelle auch noch völlig intakt erhaltene Dotterzellen beobachten (Taf. VII Fig. 3).

Als erstes Zeichen der beginnenden Entwicklung erscheint in der Eizelle ein grosser Amphiaster (Taf. VII Fig. 4); es ist überhaupt mit Hülfe von Essigsäure leicht, sich von dem Auftreten von Kernspindeln zu überzeugen, so lange die Furchungszellen noch nicht zu klein sind (Taf. VII Fig. 7). Ausserdem habe ich bisweilen

Eier gefunden, bei denen in der Keimzelle neben einer grössern sternförmigen Figur eine kleinere sichtbar war (Taf. VII Fig. 5). Es ist vielleicht möglich, dass letztere noch von dem eingedrungenen Spermatozoid herrührt, und dass wir es hier also mit dem männlichen und weiblichen Kern zu thun haben, obgleich ich das nicht mit Bestimmtheit behaupten möchte. Jedenfalls zeigte die noch ganz weiche Beschaffenheit der Schale bei diesen Eiern es an, dass sie eben erst gebildet worden waren. Nur in einem Fall habe ich an dem einen Pol innerhalb eines Eis zwei kleine Kügelchen bemerkt (Taf. VII Fig. 6), die man als Richtungskörperchen ansprechen konnte. Bei der grossen Menge des Nahrungsdotters werden dieselben wohl meistens von ihm völlig verdeckt werden, wie es denn auch wegen dieses Umstands nicht möglich ist, sich ein ganz genaues Bild von dem Furchungsvorgang zu machen; ein Theil der Furchungskugeln wird stets von dem undurchsichtigen Dotter eingehüllt.

Man ist jedoch im Stande, sich davon zu überzeugen, dass die Furchung im Ganzen eine regelmässige ist, wenngleich es auch nicht gelingt, ein bestimmtes Gesetz, nach dem sie verläuft, zu erkennen. Jedenfalls kann man 2, 3, 4, 5 etc. und überhaupt jede beliebige Anzahl von Furchungselementen beobachten, die untereinander an Grösse völlig gleich sind, bis ihre Menge so bedeutend, ihre Grösse so gering wird, dass es nicht mehr möglich ist, ihre Zahl genau zu bestimmen.

Nur eine Zelle macht sich bereits in ganz frühen Stadien der Furchung vor allen andern bemerklich. Sie ist dicht an dem einen Eipol gelagert und erscheint meistens in der Form einer Halbkugel (Taf. VII Fig. 7). Auch ihre Grösse übertrifft häufig die der übrigen Embryonalzellen, aus deren Verbande sie sich schon frühzeitig losgelöst hat. Sie nimmt an der weitern Furchung keinen Theil mehr, sondern umwächst, indem sich ihre Ränder ganz dünn ausziehn, die Embryonalzellen sowohl als auch den Nahrungsdotter, wobei sie die Form einer Kalotte annimmt. In den meisten Fällen tritt dann an dem andern Pol eine ebenso gestaltete Zelle auf, die wahrscheinlich aus der Theilung der ersten hervorgegangen ist, und nun umhüllen diese beiden Zellen den gesammten Eiinhalt (Taf. VII Fig. 7, 8).

Anfangs liegen sie den übrigen Embryonalzellen (Taf. VII Figur 8, 9, 11) dicht auf, und erst etwas später kann man einen trennenden Spalt zwischen ihnen bemerken, welcher namentlich durch den Einfluss von Reagentien klar hervortritt (Taf. VII Fig. 10,

12, 13, 14) und der beweist, dass eine völlige Sonderung stattgefunden hat in eine innere Zellenmasse, welche allein zum Aufbau des Embryos dient und in die wenigen peripheren, umhüllenden Zellen. Letztere werden nur zur Bildung einer embryonalen Hülle verwendet, die ich gleichfalls, wie ich es bereits bei der Entwicklung der Trematoden gethan habe, „Hüllmembran“ nennen will.

Es ist wohl zweckmässig, den Aufbau und das Schicksal derselben bereits jetzt vorgreifend zu schildern, ohne dabei auf die übrigen Entwicklungsvorgänge Rücksicht zu nehmen.

Obgleich in der Regel meistens nur 2 Hüllzellen vorhanden sind (Taf. VII Fig. 7, 8, 11, 12, 25 etc.) — an jedem Pol eine —, so können doch nicht selten Abweichungen davon vorkommen. Erstens können alle beide an dem einen Eipol liegen und an dem andern gar keine (Taf. VII Fig. 18, 24); dann aber sind auch häufig drei vorhanden, die entweder so gelagert sind, dass an dem einen Ende des Eis zwei, an dem andern eine sich befindet (Taf. VII Fig. 14, 19), oder, was seltener der Fall ist, die dritte rückt weiter vom Eipol hinweg (Taf. VII Fig. 13). Das Protoplasma jener Zellen ist ausserordentlich klar und fast gänzlich körnerfrei. Der grosse Kern ist im Leben nur sehr schwierig bei diesen jungen Stadien aufzufinden, dagegen tritt das recht ansehnliche Kernkörperchen als ein heller, stark lichtbrechender Fleck sehr deutlich hervor. Ein klares Bild des Zellkörpers bekommt man überhaupt nur durch Härtung des Eis, namentlich durch Osmiumsäure, wodurch die Zellgrenzen deutlicher werden, und das ganz durchsichtige Protoplasma etwas körnig gerinnt; Zusatz von Essigsäure bringt auch den Zellkern zur Anschauung. Letzteres gelingt noch besser durch Sublimat, wodurch der Nukleus ganz dunkel und granulirt wird (Taf. VII Fig. 15).

Im Laufe der Entwicklung wird der Protoplasmainhalt der Zellen immer geringer, dagegen tritt der Kern desto deutlicher hervor; er nimmt bedeutend an Grösse zu, und seine Contouren werden sehr scharf. Wegen seiner auffallenden Grösse und dadurch, dass man jetzt den zu ihm gehörigen Zellkörper nur noch mit Hülfe von Reagentien nachweisen kann, macht er in diesem Stadium mit seinem Nukleolus ganz den Eindruck einer Zelle (Taf. VII Fig. 15, 18, 19). Ich habe mich in der That lange Zeit hindurch täuschen lassen, habe das, was nur Kern war, für eine richtige Zelle und den Nukleolus für den Nukleus gehalten. Erst dadurch, dass ich die vorhergehenden Stadien untersuchte und

die allmähliche Veränderung der Zellen und der Kerne beobachtete, wurde ich von der Irrthümlichkeit dieser Anschauung überzeugt.

Metschnikoff (18) hat diese Riesenkerne in der That für Zellen gehalten. Bei der Entwicklung des Bothr. proboscideus giebt er an, dass sich von den übrigen Embryonalzellen bald zwei grosse Zellen absondern, die sich an den Eipolen fixiren.

Etwas ganz Aehnliches findet übrigens bei der Entwicklung vieler Tänien statt. Man vergleiche nur die Abbildungen Leuckart's (32) von den „Belegzellen" bei den Embryonen der Tänia serrata und marginata und die „cellules albuminogènes" die Ed. v. Beneden (40) bei Tänia saginata beschreibt; auch sie zeigen relativ ganz ausserordentlich grosse, zellenähnliche Kerne.

Allmählich verwandeln sich nun die ehemaligen Zellen völlig in eine dünne, ganz durchsichtige Membran, die den Embryo mit etwaigen Dotterresten einhüllt (Taf. VII Fig. 17, 20—28). Anfangs ist es mit Hülfe von Reagentien, wenn auch schon längst die Zellgrenzen verschwunden sind, noch möglich, in derselben Protoplasmareste nachzuweisen, was später auch vergeblich ist.

Lange Zeit hindurch behalten die Kerne ihre eigenthümliche Beschaffenheit, erst zum Schluss der Entwicklung werden sie rückgebildet, indem sie kleiner werden und dann oft völlig verschwinden, oder nur durch Tinktionen aufzufinden sind. Auch die Membran selbst nimmt an der Rückbildung theil; sie wird allmählich dünner, und es bereitet oft Schwierigkeiten, sie beim völlig reifen Embryo noch nachzuweisen. Erwähnenswerth ist es noch, dass es bei solchen Embryonen häufig den Anschein hat, als lägen die Kerne der Hüllmembran theilweise ausserhalb derselben (Taf. VII Fig. 24, 25) und als wären sie nur zum Theil gleichsam in sie hineingedrückt. Ich muss gestehn, dass ich über diese Erscheinung keine genügende Rechenschaft geben kann. Es ist nur möglich, dass doch ein Theil der Membran völlig über sie hinwegzieht, und dass derselbe an frischen Eiern deswegen nicht zu sehn ist, weil er ganz dicht und fest den Kern umgiebt, sodass er scheinbar mit der Kontour desselben zusammenfällt. Jedenfalls ist es sehr leicht, sich an gehärteten Eiern davon zu überzeugen, dass der Kern stets ganz innerhalb der Hüllmembran liegt. Namentlich an jungen Stadien, in denen sich noch ein Ueberrest des Protoplasmas der die Membran zusammensetzenden Zellen besonders im Umkreis der Kerne erhalten hat, bekommt man in dieser Hinsicht die instruktivsten Präparate. Das Protoplasma schrumpft hier nämlich leicht und zieht sich

etwas von der Membran zurück, wobei es auch den Kern mitnimmt (Taf. VII Fig. 22).

Metschnikoff (18) hat übrigens die Hüllmembran bei Bothr. proboscideus, der offenbar genau dieselbe Entwicklung hat wie Bothr. rugosus, völlig übersehn, obgleich er, wie oben erwähnt, die dazu gehörigen Kerne bemerkt hat, um so wunderbarer, weil sie namentlich bei ganz jungen Embryonen auf den ersten Blick zu sehen ist. — Wagners Abbildung unseres Embryos zeigt ebenfalls keine Andeutung von ihr.

Innerhalb der Hüllmembran entwickelt sich der Embryo. Nachdem sich die Hüllzellen aus dem Verbande der übrigen Embryonalzellen gelöst haben, um nicht weiter an der Furchung theilzunehmen, zerfallen letztere immer mehr und mehr. Schliesslich entsteht ein Haufen von kleinen blassen Zellen, der eine ganz regelmässige Kugelgestalt annimmt, während er früher mehr elliptisch war, indem er sich der Form der Eischale anpasste. Der noch vorhandene Nahrungsdotter schwindet bei diesem Vorgange bis auf einen kleinen Rest.

Mittlerweile hat auch das ganze Ei bedeutend an Umfang zugenommen, und wenngleich auch das Volumen der Embryonalzellenmasse sich ebenfalls beträchtlich vergrössert hat, so ist das doch nicht proportional der Grössenzunahme der Eischale geschehen. Daher kommt es, dass jetzt zwischen der Eischale und der Hüllmembran einerseits und dem kugeligen Embryonalzellenhaufen andrerseits ein weiter Zwischenraum da ist, der früher nicht vorhanden war (Taf. VII Fig. 16 ff.). Die Grössenzunahme des Embryo kann übrigens nicht nur durch die Absorption der geringen Menge von Nahrungsdotter erfolgen, sondern dieselbe muss dadurch hervorgerufen werden, dass durch die Eischale hindurch ernährende Substanzen aus dem mütterlichen Körper diffundiren.

Der nächste wichtige Vorgang bei der Weiterentwicklung ist die Differenzirung zwischen Ektoblast und Entoblast.

Auf der Oberfläche der kugelförmigen embryonalen Zellmasse erscheint eine Zelle, die derselben kapuzenförmig aufsitzt und meistens so gelagert ist, dass sie in der Längsaxe des Eies sich befindet. Ihre Ränder sind ganz dünn und flach, während sie an der Stelle, wo der Kern liegt, erheblich nach Aussen hin gewölbt ist. Sie beginnt die übrigen Embryonalzellen zu umwachsen, indem sich ihre Ränder ebenso, wie wir es bei der Bildung der Hüllmembran bereits gesehen haben, wieder in eine dünne Mem-

bran ausziehn, in der bald das Auftreten von ähnlichen, nur nicht so stark gewölbten Zellen, wie die erste zu bemerken ist. Oefters findet man diese Zellen nicht einzeln, sondern paarweise ganz dicht neben einander gelagert vor (Taf. VII Fig. 20).

Ist die Epibolie vollendet, so haben wir eine geschlossene, nur aus wenigen Zellen gebildete Membran vor uns, deren Oberfläche wellenförmig aussieht, eine Erscheinung, die dadurch hervorgerufen wird, dass, wie oben bereits bemerkt, die Zellen an den Stellen, wo der Kern liegt, reicher an Protoplasma und daher gewölbter sind. Der Embryo besteht nun aus einem einschichtigen Ektoblast und aus einem voluminösen, soliden Entoblast. Die Weiterentwicklung des ersteren geht derartig von Statten, dass die Wölbungen der einzelnen Zellen verstreichen (Taf. VII Fig. 21), und dass ihre Grenzen, die auch bereits vorher äusserst undeutlich waren, völlig verschwinden. Schliesslich entwickelt sich aus den ehemaligen einzelnen Zellen eine mantelartige Hülle, die aus zwei cutikulaartigen Lamellen besteht (Taf. VII Fig. 22—28), einer äusseren, der Hüllmembran zugewandten, und einer dem Entoblast aufliegenden. Der Vorgang selbst wird am besten aus der Betrachtung der Figuren 20—28 klar, die einzelne Stadien bei der Umbildung der Ektoblastzellen in diese doppelschichtige Hülle darstellen, ohne die sehr mannigfaltigen, ganz allmählichen Uebergänge zu berücksichtigen.

Anfangs sind die beiden Lamellen nur durch einen ganz feinen Spalt getrennt, welcher allein an denjenigen Stellen, an welchen die Kerne der ehemaligen Zellen liegen, weiter auseinanderweicht (Taf. VII Fig. 22). Allmählich wird der Zwischenraum zwischen ihnen aber immer bedeutender und füllt sich mit einer grossen Menge von Körnchen und stark lichtbrechenden Kügelchen an. In dieser Masse liegt ganz regelmässig vertheilt eine ziemlich beträchtliche Anzahl von Kernen, die aus der Theilung der ehemaligen Zellkerne hervorgegangen sind (Taf. VII Fig. 23).

Der Embryo gewährt jetzt das Bild zweier Kugeln, von denen die eine solide in einer andern steckt, welche bis auf eine dünne Rinde ausgehöhlt ist. Die erste stellt das Entoderm, die zweite das Ektoderm dar. Die kugelförmige Gestalt des Embryo geht im Verlauf der weitern Entwicklung allmählich in eine mehr elliptische (Taf. VII Fig. 25) und schliesslich in eine birnförmige über (Taf. VII Fig. 26—28), wobei er noch immer eine Grössenzunahme erfährt, und zwar ist diese im Gegensatz zu früher jetzt beträchtlicher wie die Vergrösserung der Eischale. Denn während jene früher

weit von dem Embryo abstand, wird sie zum Schluss völlig von ihm ausgefüllt. Hauptsächlich trägt zu dieser Volumzunahme die enorme Entwicklung der ektodermalen, mantelartigen Hülle bei. Dieselbe füllt sich nämlich immer mehr und mehr mit einer körnigen Substanz an, wobei die beiden Lamellen immer weiter auseinanderrücken (Taf. VII Fig. 25—28.) Namentlich nimmt die äussere ausserordentlich an Umfang zu, und schliesslich beginnt sie sich in Falten zu legen (Taf. VII Fig. 27, 28), weil einer weitern Ausdehnung die Eischale sonst ein Ziel setzen würde. Diese Faltenbildung ist übrigens häufig noch viel bedeutender, wie es auf den Abbildungen ersichtlich ist.

Gleichzeitig mit diesen Vorgängen findet eine immer weiter fortschreitende Lösung des Zusammenhanges der mantelartigen Hülle von dem eigentlichen Embryo statt, obgleich derselbe bereits von Anfang an eine lockere gewesen ist. Schon in dem Stadium, das Fig. 23 darstellt, kann man bemerken, dass sich die ektodermale Hülle mit ihren zwei Lamellen bereits völlig vom Entoblast abgelöst hat. Später wird dieser Spalt immer bedeutender, so dass er sich auch bereits an frischen Eiern nachweisen lässt (Fig. 25), obgleich er erst an gehärteten mit ausserordentlicher Deutlichkeit hervortritt.

Nachdem wir so das Schicksal des Ektoblast verfolgt haben, bleibt uns nur noch übrig, die Weiterentwicklung des Entoblast mit einigen Worten zu besprechen. Wie schon erwähnt, baut sich der eigentliche Embryo allein aus ihm auf, und zwar so, dass dasselbe anscheinend gar keinen bedeutenden Veränderungen unterliegt.

Das Entoblast verliert seine kugelförmige Gestalt, wobei sich seine Zellen durch fortgesetzte Theilung vermehren und kleiner werden, und es wird gleichsam kompakter, indem die Zellen in eine innigere Verbindung mit einander treten.

Bald darauf erscheinen die ersten Andeutungen der Häkchen, und zwar bemerkt man zunächst nur das gekrümmte Ende, während der Stiel erst allmählich zu seiner völligen Grösse auswächst. Trotzdem ich mich recht bemüht habe, etwas Näheres über die Art und Weise der Entwicklung der Häkchen zu beobachten, so ist es mir trotzdem wegen ihrer geringen Grösse nicht gelungen. Auch sie liegen, wie es bei allen übrigen Cestodenembryonen der Fall ist, zu je zwei in drei Gruppen angeordnet und zwar an dem stumpferen Ende des Embryo.

Nicht lange nach dem Erscheinen der Häkchen beginnen be-

reits leise Kontraktionen am Embryo sich bemerkbar zu machen, die zum Schluss der Entwicklung immer lebhafter werden.

Der ganz reife Embryo füllt das Ei völlig aus, womit auch eine Rückbildung der Hüllmembran im Zusammenhang steht. Nur in seltenen Fällen kann man sie jetzt noch bemerken und die Reste der ehemalig so grossen Kerne durch Färbung auffinden (Taf. VII Fig. 28). Ebenso ist es schwer, die Kerne in dem Ektoblastmantel nachzuweisen, weil sie unter der Masse des groben, gekörnten Protoplasmas, die ihn erfüllt, verschwinden. Gelingt es trotzdem durch Tinktion, so sieht man, dass sie im Gegensatz zu früher an Zahl bedeutend abgenommen haben und offenbar in einer Rückbildung begriffen sind.

Innerhalb seines Mantels bewegt sich völlig frei und unabhängig von ihm der Embryo recht lebhaft.

Die weitern Schicksale der Larve sind mir unklar geblieben. Wenngleich ich öfter den Versuch gemacht habe, ganz reife Embryonen im Wasser zum Ausschlüpfen zu bringen, so ist es mir trotzdem nie gelungen. Ich lasse es daher unentschieden, ob dieselben wirklich im Wasser die dünne, ungedeckelte Eischaale durchbrechen, oder ob sie vielleicht mit derselben in den Verdauungskanal irgend eines Thieres gelangen, um in diesem erst frei zu werden. Trotzdem glaube ich, dass die erste Annahme mehr Wahrscheinlichkeit besitzt. Einerseits nämlich wäre es möglich, dass die Embryonen, welche ich für meine Versuche benutzte, doch noch erst einige Zeit im mütterlichen Körper hätten verweilen müssen, um ausschlüpfen zu können, obgleich sie durch ihre stürmischen Bewegungen im Ei, durch das Verschwinden der Hüllmembran etc., ganz den Eindruck der Reife machten, andrerseits wäre ich auch sonst nicht im Stande, mir die Bedeutung des Mantels zu erklären, der den Embryo einhüllt.

Er ist allerdings nicht mit Flimmern besetzt und kann daher nicht dazu dienen, dass der Embryo mit seiner Hülfe aktiv in ein Wohnthier einwandert — die Uebertragung wird stets eine passive sein —, er hat jedoch die Fähigkeit, im Wasser sich zu einem bedeutenden Umfang aufzublähen. Sobald ich Eier mit reifen, noch lebenden Embryonen durch leisen Druck mit dem Deckgläschen zum Platzen brachte, so blähte sich die äussere, bis dahin gefaltete Lamelle des Mantels zu einer Kugel auf, die den Embryo an Durchmesser mehrere Male übertraf, indem sich die zwischen den beiden Lamellen gelegene körnerreiche Proto-

plasmamasse durch reichliche Wasseraufnahme in hohem Grade verflüssigte. Ich nehme an, dass dieses auch unter regulären Verhältnissen beim Ausschlüpfen der Fall sein wird; der Embryo erhält dadurch ein Floss, das ihn, zumal sein spezifisches Gewicht wohl nahezu dem des Wassers gleichen wird, längere Zeit hindurch in demselben, und wenn auch nur ganz nahe dem Boden, flottirend erhält, so dass dadurch die Wahrscheinlichkeit, von einem Thier gefressen zu werden, eine sehr viel grössere wird, als wenn er ohne die Hülle sofort zu Boden sinken und dort vom Schlamm bedeckt werden würde. Dieser flimmerlose Mantel ist vielleicht eine Anpassung an die Ernährungsweise seines Wirthes, da es ja in der That viele Fische giebt — und in solche wird er doch wahrscheinlich einwandern —, die dicht am Boden hinschwimmend dort ihre Nahrung suchen.

Etwas Aehnliches finden wir ja auch bei vielen Tänien, welche an Stelle der charakteristischen, sekundären Chitinschale eine eben solche Hülle erhalten wie unser Bothriocephalus. Ich selbst habe eine Tänie aus der Ente untersucht, deren Embryonen einen derartigen dünnen Mantel besassen, welcher sich ebenfalls im Wasser enorm aufblähte, und erinnere mich, dasselbe bei der Tänia torulosa der Cyprinoiden gefunden zu haben. Bei beiden gelangen die Larven ins Wasser; die sonst harte, feste Chitinschale hat sich in Folge dessen zweckentsprechend gemäss dem andern Medium auch anders ausgebildet.

Die Entwicklung von Bothr. proboscideus zeigt nach der Metschnikoff'schen Beschreibung so viel Aehnlichkeit mit der von Bothr. rugosus, dass man bestimmt annehmen kann, sie verlaufe bei diesen beiden Arten genau in derselben Weise; es ist sogar möglich, dass sich die Entwicklung sämmtlicher flimmerloser Bothriocephalen nach diesem Typus vollzieht.

Moniez (31), welcher auch einen Bothriocephalus aus dem Lachs, wahrscheinlich ebenfalls Bothr. proboscideus, untersucht hat, behauptet, dass die Membran, welche aus der peripheren Zellage entsteht (nicht die Hüllmembran, denn deren Existenz blieb auch ihm unbekannt), bald einer Degeneration anheimfalle, wobei er jedoch wahrscheinlich im Irrthum ist, da Metschnikoff etwas Derartiges nicht mittheilt, und es auch aus der Analogie mit Bothr. rugosus nicht anzunehmen ist.

Bothriocephalus latus.

Litteratur: Schubart (10), Bertolus (16), Knoch (14), Leukart (15), Moniez (31), Braun (34, 35, 37). Cf. oben den Litteraturnachweis.

Das meiste Material für meine Untersuchungen erhielt ich aus der Gegend des kurischen Haffes. Obgleich ja Bothr. latus überhaupt in dem Küstengebiet der Ostsee weit verbreitet ist, so kommt er gerade hier in ausserordentlicher Häufigkeit vor. Nach glaubwürdigen Mittheilungen soll auf der kurischen Nehrung kaum einer der dort wohnenden Fischer frei von diesem Bandwurm sein. Es ist das leicht erklärlich, wenn man weiss, dass diese Leute häufig Fische in völlig rohem Zustande verzehren, und darunter namentlich auch Quappen und Hechte, die ja nach den Untersuchungen Braun's (34, 35, 37) als die Träger der Larvenform dieses Bothriocephalus anzusprechen sind. Ich selbst habe in jener Gegend gesehen, dass die Eingeweide der Quappen, namentlich die appendices pyloricae nur schwach getrocknet als Medikament gegen Magenbeschwerden angewendet werden. Die Häufigkeit des Parasiten kann daher nicht wunderbar erscheinen.

Sobald man den frischen Bandwurm in Wasser legt, so giebt er schon eine grosse Menge Eier von sich. Um sich von diesen noch grössere Quantitäten zu verschaffen, muss man ihn der Länge nach durchschneiden und ihn im Wasser darauf tüchtig schütteln, wobei dann fast alle Eier aus den angeschnittenen Uterusschlingen herausfallen. Reinigt man dieselben durch häufiges Schlemmen recht sauber und erneuert recht häufig das Wasser, so ist es leicht, die überwiegende Anzahl derselben zur vollen Entwicklung zu bringen.

Donnadieu (29) hat bei Ligula bereits auf den Einfluss der Temperatur bei der Entwicklung aufmerksam gemacht. Und in der That ist dieselbe von grosser Bedeutung. Bertolus (16) giebt die Dauer der Entwicklung noch auf acht Monate an; ich habe dagegen bereits schon nach Verlauf von 10, höchstens 14 Tagen die Embryonen ausschlüpfen sehen bei künstlicher Erhöhung der Temperatur, die ich bisweilen die ganze Zeit hindurch auf 30—35° erhielt.

Die Eier besitzen eine dicke, braune Schale und haben einen kleinen Deckel, der namentlich zum Schluss der Entwicklung deutlich wird. Im Gegensatz zu Bothr. rugosus enthalten sie eine grosse Menge Nahrungsdotter und nehmen nicht an Grösse zu.

wie alle Bothriocephalen, die ihre Entwicklung nicht im mütterlichen Körper sondern im Wasser durchmachen. Die Eizelle ist daher auch nur äusserst selten unter der Menge von Dotterzellen aufzufinden, da sie meistens völlig von ihnen verdeckt ist. Letztere bleiben noch längere Zeit hindurch intakt und im Besitz ihres Kerns. Erst allmählich werden sie, eine nach der andern, rückgebildet und von den Embryonalzellen absorbirt.

Eine ganz eigenthümliche Anschauung von dem Ei besitzt Moniez (31). Er hält die Eischale hier wie überhaupt bei allen Bothriocephalen für eine „Dottermembran". Während er neben der Eizelle bei den übrigen Bothriaden nur feine Dotter k ö r n e r, dagegen keine Dotter z e l l e n gesehen hat, findet er bei Bothr. latus in der That zellenartige Gebilde. Er hält dieselben nun aber nicht etwa für w i r k l i c h e, sondern für „f a l s c h e Zellen". Ihre Bildung ist eine sekundäre, indem sich die einzelnen Körnchen, wie sie die „dotterbildenden Follikel" liefern, nach dem Entstehen der Schale i n n e r h a l b derselben n a c h t r ä g l i c h „k o a l e s c i r e n" und so den falschen Zellen ihren Ursprung geben. Das Vorhandensein eines Kerns hat für ihn dabei nichts Ueberraschendes (!); dieses Element findet sich konstant in den falschen Zellen.

Ohne Präparation ist es kaum möglich, sich ein klares Bild von den Entwicklungsvorgängen zu machen; man sieht an frischen Eiern nur das Auftreten einer hellen Stelle inmitten der Dotterzellen, eine Erscheinung, die mit dem Auftreten der Embryonalzellen zusammenhängt, die immer weiter an Umfang zunimmt, bis aus ihr der kugelige Embryo entsteht (Taf. VII Fig. 29, 30, 35). Ein genaueres Studium gelingt nur an gehärteten Eiern, deren Deckel durch leisen Druck geöffnet wurde, sodass sie gefärbt werden konnten. Aber selbst bei dieser Methode ist es schwer, über die e r s t e n Vorgänge klar zu werden, weil dann der Nahrungsdotter noch zu mächtig ist. Nur in ganz vereinzelten Fällen gelang es mir, solch' ein klares Bild wie Fig. 31 auf Tafel VII zu erhalten.

Mitten in den Dotterzellen finden wir hier drei Embryonalzellen, auf denen eine vierte kapuzenförmig daraufsitzt, und an der Peripherie des ganzen Eiinhalts bemerken wir einige wenige Zellen, die sich sowohl durch ihre Form als auch durch ihre durchsichtige Klarheit deutlich von den Dotterzellen, denen sie aufliegen, unterscheiden. Sie sind es, die die Hüllmembran zusammensetzen, welche auch hier zur Ausbildung gelangt. Sie ist zwar lange nicht so deutlich wie bei Bothr. rugosus und sehr viel

zarter und dünner wie dort, trotzdem aber stets, selbst noch an den Eiern, in denen bereits reife Embryonen liegen, nachzuweisen (Taf. VII Fig. 32, 33, 34, 35), was namentlich dann leicht ist, wenn sich der Eiinhalt durch Schrumpfung etwas von ihr zurückgezogen hat. (Fig. 32—34).

Den Ursprung der Hüllmembran konnte ich nicht nachweisen; ich glaube aber trotzdem nicht fehlzugehen, wenn ich nach Analogie mit Bothr. rugosus annehme, dass sich auch hier sehr frühzeitig eine Zelle aus dem Verbande der übrigen Embryonalzellen loslöst, durch die Dotterzellen hindurch an die Oberfläche rückt und dann unter allmählicher Theilung den gesammten Eiinhalt umwächst.

Von den übrigen vier Embryonalzellen repräsentirt die kapuzenförmige das Ektoblast, die drei übrigen das Entoblast; es findet hier also viel früher eine Sonderung in die beiden Keimblätter statt wie bei Bothr. rugosus, bei dem der Embryonalzellenhaufen bereits eine beträchtliche Grösse erlangt hatte, bevor sich an ihm das eigentliche Ektoblast ausbildete.

Die kapuzenförmige Zelle umwächst die Entoblastzellen, deren Zahl bald eine bedeutendere wird, völlig, wobei sie selbst in mehrere zerfällt. Es kommt so schliesslich ein Stadium, wie das auf Fig. 32 abgebildete, heraus, das sehr dem entsprechenden von Bothr. rugosus (Fig. 21) ähnelt, wenn man die Verschiedenheiten in der Ausbildung der Hüllmembran und des Nahrungsdotters unberücksichtigt lässt, nur dass hier die Ektoblastzellen eine etwas stärkere Wölbung zeigen.

In diesem Zustand der Entwicklung gelingt es nicht selten, den Embryo völlig unversehrt aus den ihn umgebenden Dotterzellen und der Eischale herauszupressen. An derartigen Präparaten kann man namentlich die weitere Umbildung des Ektoblast verfolgen, zumal wenn sich dasselbe stellenweise vom Entoblast etwas abgehoben hat. Fig. 36, 37, 38 auf Taf. VII werden diese Vorgänge erläutern. Aus den anfangs nur durch die ganz dünn ausgezogenen Ränder zusammenhängenden Zellen (Fig. 36) entsteht ganz allmählich ebenso wie bei Bothr. rugosus auch hier ein Mantel, der aus zwei Lamellen zusammengesetzt ist, zwischen denen eine Menge grobkörnigen Protoplasmas mit einer grossen Anzahl von Kernen sich befindet. Zuerst sind nur die wenigen ursprünglichen Kerne des Ektoblast vorhanden (Taf. VII Fig. 37); aber bald vermehren sich dieselben bedeutend, und da sie ziemlich gross sind, so buchtet sich die äussere Lamelle um jeden derselben etwas

heraus, sodass der Mantel anfangs mit kleinen Buckeln besetzt erscheint (Taf. VII Fig. 38), die erst später verstreichen. Schon recht früh erscheinen auf dem Mantel kurze, zarte Flimmerhärchen (Fig. 38), die erst allmählich an Länge zunehmen.

Der Flimmermantel wird daher nicht, wie es bis jetzt stets geschildert wurde, aus einer einfachen Membran, sondern aus zwei miteinander zusammenhängenden gebildet.

Die anfangs nur in geringer Zahl vorhandenen Entoblastzellen haben während dieser Vorgänge sich bedeutend vermehrt und bilden eine solide Masse, die schon frühzeitig eine regelmässige Kugelgestalt zeigt; und so gewährt der Embryo schliesslich denn auch hier wieder das Bild zweier ineinander geschachtelter Kugeln (Taf. VII Fig. 34).

Je grösser der Embryo ist, desto geringer wird die Zahl der Dotterzellen, weil sie einem allmählichen Zerfall unterliegen. Schliesslich sind nur noch wenige vorhanden, in denen sich ein Kern nachweisen lässt (Fig. 33), und auch in diesen wenigen wird er immer undeutlicher als Zeichen der Auflösung der Zellen Fig. 34), welche also fast vollständig als Nährmaterial für den heranwachsenden Embryo verbraucht worden sind. Nur wenige mehr oder minder grosse Tröpfchen und Kügelchen sind als alleiniger Rest des ehemalig so mächtigen Dotters übrig geblieben, sobald der Embryo seine Reife erlangt hat. (Fig. 35).

Die weiteren Entwicklungsvorgänge, wenigstens soweit sie sich im Ei beobachten lassen, beschränken sich hauptsächlich auf das Wachsthum des Embryos, der dabei seine Kugelgestalt völlig beibehält, und darauf, dass zwischen den beiden Lamellen des Mantels die Ansammlung von protoplasmatischer Masse mit vielen kleinen Körnchen und Tröpfchen eine immer grössere wird, sodass sich dadurch die bis dahin so deutlich sichtbaren Kerne fast völlig der Beobachtung entziehen. Trotzdem bleiben die beiden Lamellen in verhältnissmässig geringem Abstand von einander, während doch bei Bothr. rugosus die äussere Mantellamelle dabei gewaltig an Umfang zunahm und sich schliesslich in Falten legte.

Nachdem nun noch die drei Häkchenpaare — deren Anlage schon frühzeitig in Gestalt von kleinen Höckerchen beobachtet werden kann —, sich völlig ausgebildet, und die Flimmerhaare auf dem Mantel ihre bleibende Grösse erlangt haben, ist der Embryo reif zum Ausschlüpfen.

Die Kontraktionen seines Körpers, welche schon lange vorher zu bemerken waren, werden lebhafter, die Bewegungen der Häk-

chen energischer, und nachdem bereits geraume Zeit hindurch das Spiel der Flimmern vorher sichtbar war, öffnet sich der Deckel, und der Embryo gelangt ins Freie. In der Eischale bleiben Reste des Dotters zurück und in einigen Fällen auch noch die Hüllmembran, welche sich bisweilen noch bis zu dieser Zeit intakt erhalten hat (Fig. 35), während sie meistens schon früher zu Grunde gegangen ist. — Die ausgeschlüpfte Larve schwimmt im Gegensatz zu andern Bothriocephalenlarven verhältnissmässig langsam und gleichmässig im Wasser dahin, indem sie dabei fortwährend um ihre Axe rotirt, eine Bewegungsart, wie sie ja auch bei andern bewimperten Wurmlarven (Hatschek) vorkommt. Zu bemerken ist dabei übrigens, dass derjenige Theil des Larvenkörpers, in welchem die Haken liegen — die fast eben so lang sind wie der halbe Durchmesser der eigentlichen Larve exklusive Mantel — während des Schwimmens stets hinten sich befindet.

Trotz der in den meisten Fällen fast ganz regulären Kugelgestalt der Larve zeigt sie gerade durch die Art und Weise ihres Schwimmens eine Annäherung an den bilateralen Bau. Die Axe, um welche das Thier rotirt, ist nicht etwa beliebig, sondern sie verläuft parallel dem mittleren Hakenpaar, während die andern Paare ganz symmetrisch zu beiden Seiten von ihr liegen. Die während der Rotation gleichzeitig erfolgende Vorwärtsbewegung findet in der Richtung statt, welche durch die Verlängerung dieser Axe gegeben wird (Taf. VIII Fig. 3). Nicht selten nimmt hierbei der Körper eine mehr längliche Gestalt an, namentlich anfangs, wenn das Thier noch recht rasch schwimmt.

Die sehr dicht stehenden Flimmercilien zeigen bei Bothr. latus eine ganz bedeutende Länge, obgleich sie ausserordentlich zart und dünn sind, so dass sie der Beobachtung Schwierigkeiten entgegenstellen. Knoch's Abbildungen von ihnen sind völlig falsch, was bereits von Leuckart gerügt wurde.

Kurze Zeit nach dem Ausschlüpfen weichen die beiden Lamellen des Mantels durch Wasseraufnahme beträchtlich auseinander, wobei die Körnchen und Tröpfchen der ihn erfüllenden, dunklen, protoplasmatischen Masse sich anfangs mehr nach der Mitte hin gruppiren, so dass an den beiden Lamellen ein heller Saum entsteht (Taf. VIII, Fig. 1). Die Ausdehnung des Mantels wird, je länger die Larve im Wasser herumtummelt, desto bedeutender, ohne jedoch dabei eine gewisse Grenze zu überschreiten, wobei sein Inhalt sich immer mehr und mehr verdünnt, klarer und durchsichtiger wird. Gleichzeitig erscheinen dann zarte Protoplasma-

fädchen, welche sich zwischen den beiden Lamellen ausspannen, an und zwischen denen sich die Körnchen anordnen.

So regelmässig verlaufen diese Protoplasmafädchen, dass sie im Stande sind, Zellgrenzen vorzutäuschen, ein Irrthum, welcher noch dadurch bestärkt werden kann, dass bei einer Betrachtung der Oberfläche des Mantels dieselbe durch jene Fäden in ganz regelmässige, mehr oder minder polygonale oder kreisförmige Felder abgetheilt erscheint (Taf. VIII, Fig. 2*a*). Bertolus (16) lässt daher die Flimmerhülle aus grossen, prismatischen Zellen gebildet sein, und auch Leuckart sagt, dass der Zwischenraum (zwischen der Flimmermembran und dem Embryo) von einer Lage heller und verhältnissmässig grosser Zellen ausgefüllt ist.

In der That liegt aber hier nur eine Täuschung vor; wirkliche Zellgrenzen sind jetzt in dem Mantel nicht mehr vorhanden. Selbst die vorher so zahlreichen Kerne sind bereits zum grössten Theil geschwunden. Nur bisweilen, bei jungen Larven allerdings sogar noch recht häufig, lassen sie sich durch Tinktion nachweisen, namentlich dann, wenn durch eine stark lichtbrechende Flüssigkeit die ungefärbten Tröpfchen und Kügelchen fast völlig unsichtbar gemacht sind (Taf. VIII, Fig. 3). In diesem Fall treten dann sowohl die Protoplasmastränge sehr deutlich hervor als auch eine Anzahl von Kernen. Dieselben sind meistens an den Fädchen suspendirt, indem sie von ihnen theilweise umsponnen werden.

Die Verbindung zwischen dem eigentlichen Embryo und dem Mantel ist eine sehr lockere. Bereits im Ei konnte man zwischen der innern Lamelle und dem Embryo einen deutlichen Zwischenraum wahrnehmen (Taf. VII, Fig. 34); derselbe wird an den ausgeschlüpften Thieren noch bedeutender, und an solchen, die schon lange im Wasser gelebt haben, und bei denen dieser Spalt noch grösser geworden ist, sieht man, dass die eigentliche Larve mit der Flimmerhülle nur durch wenige feine Fädchen zusammenhängt.

Nur eins von diesen ist meistens von beträchtlicher Stärke und liegt entweder genau in der Rotationsaxe oder nicht weit von derselben entfernt. Damit correspondirt eine trichterförmige Einsenkung der äusseren Mantellamelle (Taf. VIII, Fig. 3). Dieses erklärt sich leicht dadurch, dass gerade in diesem Punkt am Larvenkörper während des Vorwärtsschwimmens der bedeutendste Zug ausgeübt wird.

An der Larve selbst kann man in frischem Zustande mit

Ausnahme der Haken kaum weitere Differenzirungen entdecken; an Osmiumsäurepräparaten dagegen sieht man deutlich, dass sie von zweierlei verschiedenen Zellenarten aufgebaut wird. In der Mitte liegen recht ansehnliche, grosse Zellen (Taf. VIII, Fig. 3) mit grossen, runden Kernen, während nahe an der Peripherie kleine vorhanden sind, die häufig spindelförmige Nuklei besitzen. Diese Sonderung in eine centrale Masse und eine Rindenschicht ist aber nicht so strenge, dass die letztere vielleicht eine Art Epithel bildet. Das ist nicht im geringsten der Fall, im Gegentheil, man findet häufig, dass sich sogar die kleinen Zellen zwischen die grossen einschieben.

An Macerationspräparaten beobachtet man nicht selten Zellen, welche feine verästelte Ausläufer besitzen, von denen entweder nur einer oder zwei oder noch mehrere vorhanden sind. Man wird nicht fehl gehen, dieselben für Muskelzellen zu halten, während einige von ihnen allerdings auch mehr den Eindruck von Bindegewebszellen machen (Taf. VIII, Fig. 3 *a*).

Etwas Weiteres gelang mir nicht an den Larven aufzufinden, wie ich auch nicht im Stande war, die vier rundlichen Zellengruppen, welche Leuckart (32) erwähnt, aufzufinden.

So flimmern nun die Larven viele Tage hindurch im Wasser umher; ich habe sie unter günstigen Bedingungen eine Woche lang und selbst darüber am Leben erhalten können. Man kann hieraus die grosse Selbständigkeit der Flimmerhülle erkennen; denn obgleich sie mit der Larve fast gar nicht in Verbindung steht, ist sie doch im Stande, eine so lange Zeit hindurch selbständig ein so bedeutendes Quantum von Arbeit zu leisten. Sicher ist zu diesem Zweck in ihr während der Entwicklung auch diese grosse Menge von ernährendem Material aufgespeichert worden, was ja in Gestalt des Nahrungsdotters in so reichlichem Maasse zur Verfügung stand. Je älter die Larve aber wird, und je mehr sich der Mantel aufbläht, desto mehr verschwinden die Körnchen; sie werden allmählich aufgebraucht und der Inhalt des Mantels wird darum immer klarer und durchsichtiger. Proportional damit wird auch die Flimmerbewegung schwächer und schliesslich sinken die Larven zu Boden, um noch eine Zeit hindurch ganz langsam mit den Cilien zu schlagen, bis dieselben endlich ganz stillstehen. Die Häkchen bewegen sich dann noch eine Weile und leise Contraktionen des Körpers zeigen an, dass die Larve noch nicht völlig abgestorben ist. Aber auch diese Bewegungen hören

auf, und das Thier zerfällt. Es ist ihm nicht gelungen, ein passendes Wohnthier für seine weitere Existenz aufzufinden.

Sehr häufig sieht man gerade bei Bothr. latus Larven, die aus ihrer Flimmerhülle bereits herausgeschlüpft sind, bevor dieselbe abgestorben ist. Nicht selten reisst dabei nur die äussere Mantellamelle; die innere dagegen löst sich völlig aus dem Verbande mit ihr und umgiebt noch einige Zeit hindurch den Embryo in Gestalt eines zarten, durchsichtigen Häutchens (Taf. VIII, Fig. 4), bis auch sie allmählich zerfällt. Sicherlich ist sie identisch mit jener „Eiweisshülle", die Leuckart nach dem Bersten des Flimmermantels rings um den Embryo beobachtet hat.

Die Larve kann sich jedoch auch sofort beider Lamellen entledigen (Taf. VIII, Fig. 5). Sie kriecht dann ganz langsam unter lebhafter Bewegung der Häkchen umher, die nicht nur hier, sondern auch bei den übrigen Bothriocephalenembryonen recht charakteristisch ist.

Namentlich bei den reifen Embryonen von B. rugosus kann man beobachten, wie zuerst das mittlere Häkchenpaar und darauf die beiden seitlichen gleichzeitig nach rückwärts hin bewegt werden, ähnlich den Armbewegungen eines Schwimmenden. Man kann sich vorstellen, wie leicht es den Thieren mit Hülfe dieser Häkchen wird, sich rasch in ein Gewebe einzubohren.

Wie lange die Larve im Stande ist ohne ihren Mantel herumzukriechen, habe ich nicht feststellen können, und möchte es auch unentschieden lassen, ob das Abstreifen der Flimmerhüllen beim Aufenthalt im Wasser nur ein pathologischer oder ein regulärer Vorgang ist. Knoch (14) behauptet das erstere, was Leuckart (15) dagegen bezweifelt.

Bisweilen findet man, dass die äussere flimmernde Lamelle des Mantels bereits im Ei gerissen und zu einer unförmlichen Masse zusammengeschrumpft ist (Taf. VII, Fig. 6), so dass der Embryo auch hier bereits nur von der inneren bekleidet wird. Er zeigt trotzdem Lebenserscheinungen; ob er dagegen auch im Stande ist die Schale zu durchbohren, weiss ich nicht anzugeben.

Weitere Versuche in Betreff der Einwanderung der Larven habe ich zu keinem Resultat führen können. Ich habe mehrere Male jungen Quappen mit Hülfe einer Pipette grosse Mengen von herumschwimmenden Larven in den Magen eingeführt, dabei aber nicht finden können, dass dieselben sich in die Darmwände eingebohrt oder sie sogar durchbrochen hätten. Im Gegentheil fand ich sie (namentlich in den Pylorusanhängen) selbst noch nach 24 Stun-

den in grosser Zahl am Leben, zum grössten Theil noch mit der Wimperhülle bedeckt, ohne irgend eine Veränderung an ihnen bemerken zu können. Vielleicht müssen die Versuche noch häufiger wiederholt werden und zwar an ganz jungen, nicht lange vorher ausgeschlüpften Quappen; vielleicht aber entwickeln sich die Larven überhaupt in diesen Thieren nicht, sondern erst in andern Fischen, die den Quappen und Hechten zur Nahrung dienen, so dass Bothr. latus also, bevor er im Menschen geschlechtsreif wird, mehrere Male seinen Wirth wechseln muss.

Triänophorus nodulosus. Rud.

Litteratur: Creplin (8), Stepanoff (20), v. Willemoes-Suhm (22), cf. oben das Litteraturverzeichniss.

Stets und zu jeder Jahreszeit habe ich in Hechten, die ich daraufhin untersuchte, diesen Bandwurm in reichlicher Menge gefunden, und zwar erfüllte er oft so dicht gedrängt den Anfangsdarm, dass es wunderbar erschien, wie die Nahrung hier noch ihren Durchgang nehmen konnte.

Sobald die Würmer in Wasser gebracht werden, quellen sie stark auf und entledigen sich dabei der Mehrzahl ihrer Eier.

Dieselben sind ganz ähnlich gebaut, nur etwas kleiner, wie bei Bothr. latus und fast noch mehr wie diese mit undurchsichtigem Nahrungsdotter, der anfangs noch grosse Kerne besitzt, erfüllt. Sie bildeten meine ersten Untersuchungsobjekte bei dieser Arbeit; aber lange Zeit hindurch gelang es mir nicht, über ihre Entwicklung ins Klare zu kommen; erst später, als ich mich bereits an anderen Formen orientirt hatte, fand ich, dass dieselbe völlig der von Bothr. latus und überhaupt der aller anderen von mir untersuchten Bothriocephalen mit bewimperten Embryonen gleicht.

Auch hier ist eine sehr deutliche Flimmermembran vorhanden (Taf. VIII, Fig. 8, 9, 10) und auch hier besitzt der Flimmermantel denselben Bau wie bei Bothr. latus (Taf. VIII, Fig. 8 u. 9). Es lässt sich annehmen, dass sich diese Gebilde auch ebenso entwickeln, wie es früher geschildert wurde, was an Wahrscheinlichkeit dadurch gewinnt, dass ich in vereinzelten Fällen Bilder, wie das auf Taf. VIII, Fig. 7 dargestellte, gefunden habe.

Der reife Embryo, der im Gegensatz zu dem stets kugelförmigen des Bothr. latus mehr oval erscheint und auch einen grösseren Raum in der Schale einnimmt wie jener, ist so im Ei gelagert, dass er das vordere, durch den Deckel gekennzeichnete

Schalenende dicht berührt, während der hintere Theil des Eis nicht von ihm ausgefüllt wird (Taf. VIII, Fig. 10). Stets ist die Portion des Embryo, in der die Häkchenpaare sich befinden — welche mehr divergiren wie bei Bothr. latus und häufig rechte Winkel mit einander bilden — dem vorderen, gedeckelten Eipol abgewendet, so dass man dadurch ein Vorder- und ein Hinterende unterscheiden kann. Auch nach dem Ausschlüpfen bleibt das als Regel bestehen; denn während des Schwimmens nehmen die Häkchen stets den hintersten Theil des Körpers ein (Taf. VIII, Fig. 11—15), was überhaupt bei sämmtlichen Bothriocephalen der Fall zu sein scheint.

Häufig habe ich das Ausschlüpfen des Embryos aus dem Ei beobachten können, das nach 10—14 Tagen je nach der Temperatur erfolgt.

Schon geraume Zeit vor dem Auskriechen beginnen die Cilien zu schlagen, wodurch nicht nur die Dotterkörnchen durcheinandergewirbelt werden, sondern auch die Hüllenmembran, welche bis dahin oft noch deutlich sichtbar war, zerrissen und vernichtet wird. Die Wimperbewegung wird immer stärker und durch sie wird der Embryo zunächst in langsame und dann in immer raschere Rotation versetzt, bis endlich der Deckel aufspringt und das junge Thier durch die Oeffnung ins Freie gelangt. Da dieselbe viel kleiner ist wie der Querdurchmesser des Embryos, so braucht er einige Zeit, bis er sich hindurchgezwängt hat, wobei er die Form einer 8 annimmt (Taf. VIII, Fig. 9). Ist es ihm endlich gelungen, sich von der Schale zu befreien, so stürmt er reissend schnell davon unter fortwährender Rotation um die Axe, und behält hierbei in der ersten Zeit eine längliche, wurmförmige Gestalt (Taf. VIII, Fig. 11, 12, 13). v. Willemoes-Suhm behauptet fälschlich, dass er sofort nach dem Ausschlüpfen die Kugelgestalt annimmt.

Merkwürdig ist es, dass am Vorderende des Thieres, wie ich den Theil bezeichne, der beim Schwimmen vorangeht, eine Anzahl Wimpern nicht an der Flimmerbewegung theilnimmt, sondern einen spitzen, starren Schopf bildet. Es scheint, als diene er dazu, das Vorderende der Larve spitzer zu machen, damit so der Widerstand des Wassers leichter überwunden werden könne (Taf. VIII, Fig. 11, 12, 13, 14). Die Cilien sind übrigens bedeutend derber und starrer wie bei Bothr. latus.

Allmählich geht die wurmförmige Gestalt in eine mehr birnförmige (Taf. VIII, Fig. 14) und dann in eine ovale über (Taf. VIII,

Fig. 15), wobei gleichzeitig der Flimmermantel, welcher anfangs dem Thier ganz fest anlag und dessen Lamellen wenig auseinandergerückt waren, sich zu blähen beginnt. Man findet dann auch hier, dass dieselben an der den Häkchen gerade gegenüberliegenden Stelle theilweise mit einander verwachsen sind und zwar in bedeutend stärkerem Maasse, wie es bei Bothr. latus der Fall war, was vielleicht mit der grossen Schnelligkeit des Schwimmens zusammenhängt.

Dieselbe mässigt sich aber mit der Zeit, und sobald die Larve eine mehr runde Form angenommen hat, verschwindet auch der Schopf von starren Flimmerhaaren, welche von nun an ebenso wie alle übrigen funktioniren.

Sehr charakteristisch für Triänophorus ist es, dass die ältern Larven eine ganz sonderbare Art der Bewegung zeigen. Sie halten nämlich in ihrer Rotation und dem damit verbundenen Vorwärtsgleiten plötzlich inne, um an ein und derselben Stelle im raschesten Tempo hin und her zu oscilliren, sodass man bisweilen garnicht im Stande ist, die einzelnen Schwingungen mit dem Auge zu verfolgen. Nachdem sie diese zitternde Bewegung eine Zeit hindurch, oft $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stunde ohne Unterbrechung fortgesetzt haben, schwimmen sie dann wieder in ihrer gewohnten Weise weiter, um das Spiel an einer andern Stelle zu erneuern.

Je mehr die Aufblähung des Mantels fortschreitet, desto klarer wird der vorher recht dunkle und körnerreiche Inhalt desselben, und es erscheinen dann wieder feine Protoplasmafädchen, die sich zwischen den Lamellen ausspannen. Sie sind nicht so regelmässig angeordnet, wie bei Bothr. latus und anastomosiren häufig mit einander. Sie entspringen aus einer Protoplasmaschicht, die sich in der Nähe der beiden Lamellen noch erhalten hat, mit kleinen, plattenartigen Verbreiterungen (Taf. VIII, Fig. 16). Die kleinen Fetttröpfchen und Körnchen, welche früher in so reichem Maasse den Mantel erfüllten, gruppiren sich zumeist längst den Fädchen, sammeln sich aber auch zwischen ihnen zu kleinen Häufchen an, aber stets nur in der Nähe der äusseren flimmernden Mantellamelle. An dieser liegen zum grössten Theil auch die Kerne des Mantels, welche noch immer in grosser Zahl vorhanden sind. Bisweilen kann man sie allerdings auch an den Fädchen hängend finden und in sehr seltenen Fällen auch an der innern Lamelle.

Triänophorus eigenthümlich ist es, dass der Ausdehnung des Mantels eigentlich kein Ziel gesetzt ist, und dass er sich bei ältern Larven zu einer ganz kolossalen Grösse aufbläht, woran sich zum

Unterschied von andern Bothriocephalenlarven auch die innere Lamelle betheiligt (Taf. VIII, Fig. 17, 18). Je mehr der Mantel an Umfang zunimmt, desto mehr verschwindet das protoplasmatische Netzwerk in ihm, und die letzten Reste davon, sowie die noch übriggebliebenen Körner und Oeltropfen liegen nur an einzelnen Stellen zusammengeballt da, und hier sind auch selbst jetzt noch Kerne nachzuweisen (Taf. VIII, Fig. 17). Es ist selbstverständlich, dass die Larve bei diesem immensen Umfang schliesslich ihre Beweglichkeit völlig einbüsst. Sie liegt hülflos am Boden des Gefässes und die schwach schlagenden Cilien, die wegen der starken Ausdehnung des Mantels jetzt durch ziemlich grosse Zwischenräume von einander getrennt sind, vermögen nicht mehr das Thier vorwärtszutreiben; allmählich stirbt der Mantel völlig ab, wenngleich die von ihm eingeschlossene Larve noch immer Lebenszeichen von sich giebt, bis auch sie der Zersetzung anheimfällt. Ein freiwilliges Verlassen der Flimmerhülle von der Larve habe ich dagegen nicht bemerkt, wenn es auch leicht war, sie durch leisen Druck von derselben zu befreien.

v. Willemoes-Suhm (22) giebt allerdings an, dass er das Herausschlüpfen beobachtet hat; ob das aber unter regulären Verhältnissen erfolgt ist, erscheint mir doch fraglich, zumal die Abbildungen, welche er von der Larve giebt, sehr mangelhaft sind, und nur nach Thieren angefertigt sein können, die bereits in Zersetzung begriffen waren.

Die eigentliche Larve, die auch nur mit wenigen Fädchen an dem Mantel befestigt ist, (Taf. VIII, Fig. 16, 18) nimmt besonders nach längerem Aufenthalt im Wasser allmählich eine mehr zuckerhutförmige (Taf. VIII, Fig. 16, 18) oder fast rhombische Gestalt an (Taf. VIII, Fig. 17, 19).

Was ihre histologische Beschaffenheit anlangt, so ist darüber nicht viel zu sagen. Auch bei ihr nehmen grössere Zellen das Centrum ein, während kleinere mehr an der Peripherie liegen (Taf. VIII, Fig. 15—19). Ihre Oberfläche wird von einem cuticulaartigen, etwas derberen Häutchen wie bei Bothr. latus gebildet, das sich bisweilen in ganz kleine Fältchen legen kann, (Taf. VIII, Fig. 18) ohne aber auch hier in irgend einer Weise einem darunter liegenden Epithel seine Entstehung zu verdanken. Sie entspricht denn wohl auch schon der Cuticula der späteren erwachsenen Bandwürmer. Wie sie bei diesen, sobald der Wurm längere Zeit im Wasser liegt, an einzelnen Stellen blasenartig aufgetrieben wird, so kann man dieselbe Erscheinung auch bereits

hier an ältern Larven beobachten (Taf. VIII, Fig. 19), an denen auch Theile der Cuticula stellenweise zu grossen Blasen aufgebläht werden können.

Ligula simplicissima. Rud.

Litteratur. Creplin bei Wagner (8), v. Willemoes-Suhm (22), Duchamp (24 bis 28), Donnadieu (29), Moniez (31), Kiessling (33), Riehm (36).

Da es mir nicht gelang, in den Besitz von geschlechtsreifen Ligulen aus Wasservögeln zu gelangen, wurde ich gezwungen, mir dieselben künstlich in der Ente zu züchten, ein Versuch, der ja bereits früher von Duchamp (24, 25), Donnadieu (29) und in letzter Zeit von Riehm (36) und Kiessling (33) mit Erfolg angestellt war. Duchamp behauptet sogar durch Verfütterung an Tauben und Hunden günstige Resultate erhalten zu haben (26, 27, 28).

Im Kurischen Haff werden während des ganzen Jahres nicht selten Exemplare von Abramis brama gefangen, welche mit diesen Würmern inficirt sind, die sogenannten „Fiekbressen.“ Namentlich nach Stürmen ist dies der Fall, da die Fische keinen Widerstand mehr leisten können, sondern hülflos an der Oberfläche treiben, da sie durch die massenhaften Würmer, welche ihre Leibeshöhle völlig aufblähen, bereits stark geschwächt sind.

Obgleich ich nun bereits im Frühjahr mit den Fütterungsversuchen begann und sie ununterbrochen fortsetzte, so gelang es mir trotzdem erst im Herbst, Ligulen mit Eiern zu erhalten; es ist möglich, dass dann erst die Würmer in ihren ersten Wirthen, den Fischen, die genügende Reife erlangt hatten, um sie in der Ente völlig beendigen zu können, und dass dieser Zeitpunkt der Reife, wenigstens in dieser bestimmten Gegend, nur in den Herbst fällt, obgleich die im Frühjahr entnommenen Ligulen keineswegs denen im Herbst verfütterten an Grösse nachstanden. (Auf die Ausbildung der Geschlechtsorgane hin habe ich sie allerdings nicht untersucht.)

War nun die richtige Zeit gekommen, so konnte man bei jeder Fütterung bereits nach zwei, höchstens drei Tagen in den Excrementen der Ente geschlechtsreife Würmer mit Eiern gefüllt, entweder völlig unversehrt oder Stücke von ihnen finden. Darunter kamen merkwürdiger Weise auch Exemplare vor, welche, obgleich sie nach dem mehrtägigen Aufenthalt im Entendarm noch völlig lebten, doch nicht geschlechtsreif geworden waren.

Die Thiere enthalten relativ viel weniger Eier, wie es sonst bei den Bothriocephalen der Fall ist. In Wasser gelegt, entleerten sie dieselben nicht freiwillig. Sie wurden daher so klein als möglich zerstückt in einen hohen Glascylinder gebracht und darauf tüchtig geschüttelt. Die schwereren Eier sammelten sich dann, sobald das Gefäss ruhig stehen blieb, am Boden, während die leichteren Gewebsfetzen noch im Wasser suspendirt blieben und mit demselben abgegossen werden konnten. Mit Hülfe dieser Methode gelang es innerhalb kurzer Zeit durch oft wiederholtes Schütteln und Erneuern des Wassers, die Eier völlig isolirt zu erhalten.

Die Zeit, die dieselben zur Entwicklung brauchen, ist völlig abhängig von der Temperatur. Es gelingt bereits nach ungefähr einer Woche ausgeschlüpfte Larven zu erhalten, sobald das Wasser Tag und Nacht hindurch auf 20 bis 30° C. erwärmt wird. Die Eier zeigen sogar noch bei circa 35° eine ganz regelmässige Entwicklung; sie kamen dann bereits nach vier bis fünf Tagen aus, während sie sonst unter Umständen viele Monate dazu gebrauchen.

Die Entwicklung ist von mehreren Beobachtern untersucht worden, ohne dass unsere Kenntnisse hierdurch wesentlich bereichert worden sind. Die einzige sichere Thatsache war, dass auch hier eine bewimperte Larve aus dem Ei schlüpfe, was bereits aus einer Mittheilung Creplins an Wagner (8) bekannt war, und von v. Willemoes-Suhm aufs Neue beobachtet wurde. — In den siebenziger Jahren gingen in einigen Gegenden Frankreichs viele Tausende Cyprinoiden, namentlich Schleien zu Grunde, weil sie in ganz ausserordentlichem Maasse mit Ligulen behaftet waren. Dieses massenhafte Auftreten des Parasiten gab französischen Forschern die Gelegenheit, auch seine Entwicklung näher zu verfolgen.

Duchamp (24, 25) gelang es, die flimmernden Larven zu erhalten. Nähere Details giebt er jedoch nicht mit Ausnahme der zweifelhaften Bemerkung, dass nach dem Ablegen der Eier sich die Dottermasse in Zellelemente scheidet, und dass erst dann sehr viel später der Keimfleck entsteht. Die Flimmerhülle besteht nach ihm aus grossen, hexagonalen Zellen. Kurze Zeit darauf veröffentlichte Donnadieu (29) in einer sehr umfangreichen Arbeit die Resultate seiner Untersuchungen, die er durch eine Reihe der umständlichsten Experimente zu bekräftigen versucht. Was er jedoch über die embryonale Entwicklung mittheilt, ist so eigen-

thümlich und abweichend von dem, was bis dahin bekannt war, dass es doch den grössten Zweifel an der Richtigkeit seiner Beobachtungen erwecken muss.

Nach dem Ablegen des Eis, sagt er, bemerkt man in der Mitte desselben ein klares Bläschen; er lässt es aber unentschieden, ob es das Keimbläschen sei; unter günstigen Bedingungen entwickelt sich darauf eine helle Blase, um die sich bald andere, ähnliche gruppiren. In dem Maasse, wie sie an Zahl zunehmen, wird auch ihre Grösse bedeutender. Sie sind der Ursprung von grossen Kugeln, die er nach Coste „sphères organiques" nennt. An der Oberfläche des Eiinhaltes sieht man dann bald polyedrische Zellen mit deutlichen Kernen, wie er sie auch bei gewissen Milben öfters beobachtet hat. Als nächster Vorgang entsteht im Centrum wiederum eine sphärische Blase, und erst diese ist die Anlage des eigentlichen Embryos. Dieser vergrössert sich allmählich unter Beibehaltung seiner Kugelgestalt, währenddessen sich in dem klaren Raum, der ihn umgiebt und der mit Flüssigkeit erfüllt ist, „Kalkkörperchen" bilden. Jene Kalkkörperchen setzen in Verbindung mit andern kleinen Kügelchen schliesslich eine Hülle um den Embryo zusammen, den „Embryophor", welcher mit Wimpern bedeckt ist. Dieselben sind sehr kurz, und Donnadieu bedauert es sehr, dass sich, weil Leuckart sehr lange Wimpern um den Embryophor abbildete, eine Art von Ueberlieferung gebildet hat, nach welcher man nun der Hülle stets Wimpern von mehr als zweifelhafter Länge zutheilt. — Ist die Reife eingetreten, so schlüpft das Thier aus der Schale heraus, wobei meistens der Embryophor reisst und die darin enthaltenen Kalkkörperchen herausfallen. Diese Art und Weise des Ausschlüpfens, welche (wie Donnadieu meint) auch bereits v. Willemoes-Suhm beobachtet hat, ist die gewöhnlichste. Bisweilen kann es jedoch aber auch vorkommen, dass die Hülle mitgenommen wird, und dass dann das Thier mit dieser tagelang ganz nach Art eines Infusors herumschwimmt. Die Regel ist, wie gesagt, jedenfalls ein Platzen des Embryophor. Nichtsdestoweniger schwimmt dann der Embryo auch ohne denselben umher, da auch er im Besitz von Cilien ist!!! Auch die Larve selbst enthält Kalkkörperchen, nur sind sie etwas kleiner wie jene in der Hülle.

Nach Donnadieu beschäftigte sich noch Moniez (31) mit der Embryologie von Ligula und hat das Verdienst, auf die so eigenthümlichen Fehler der Donnadieu'schen Darstellung hingewiesen zu haben. Ihm selbst gelang es aber sonst allerdings auch nicht,

mit dieser Untersuchung unsere Kenntnisse von der Bothriocephalenentwicklung wesentlich zu fördern. —

Was meine eigenen Untersuchungen anbetrifft, so würde ich mich wiederholen, würde ich alle Details bei der Entwicklung wiederum näher schildern. Dieselbe weicht nämlich nur sehr wenig von jener ab, welche auch all' die andern Bothriocephalenarten durchzumachen haben, die so dotterreiche Eier ablegen, aus welchen bewimperte Larven ausschlüpfen. Besonders zeigt sie eine sehr grosse Uebereinstimmung mit jener vom Bothr. latus.

Das frisch abgelegte Ei ist anfangs farblos, später wird die Chitinschale gelb. Es enthält eine sehr grosse Menge von Dottermaterial, sodass dadurch die ersten Entwicklungsvorgänge ebenfalls häufig verdeckt werden, wenngleich es auch nicht selten gelingt, zwischen ihm die Eizelle aufzufinden. Lange Zeit hindurch bleiben viele Dotterzellen intakt und zerfallen erst allmählich. Die groben Dotterkügelchen sind in ihnen nicht gleichmässig vertheilt, sondern liegen meistens nur in einem bestimmten Theil der Zellen, während der übrige Raum derselben frei von ihnen ist, (Taf. IX Fig. 1).

Es ist wohl leicht ersichtlich, dass diese Dotterzellen dieselben sind, welche Donnadieu an der Oberfläche des Eis in polyedrischer Form auftreten sieht, und die er in Zusammenhang mit ähnlichen Gebilden bei den Milben bringt. Was er jedoch mit seinen „sphères organiques" meint, ist unverständlich, und ebenso seine Behauptung, dass erst nach dem Auftreten derselben und der polyedrischen Zellen, im Centrum des Eies eine Blase entsteht, von der der Embryo seinen Ursprung nimmt. — Wahrscheinlich ist das alles nur ein und dieselbe Erscheinung, nämlich das Auftreten der ersten Embryonalzellen, die er das eine Mal früher, das andere Mal erst später bemerkt hat, weil ihn der Dotter daran hinderte. In der That ist es auch nicht leicht, sich über die Furchung ein klares Bild zu machen. Erst später, wenn sich bereits auf der Embryonalanlage die Epibolie der Ektoblastzellen vollzogen hat, wird das Bild etwas deutlicher.

Dieser Vorgang, sowie auch die weitere Entwicklung des Flimmermantels, welcher ebenfalls aus einer äussern und einer innern Lamelle besteht, ist fast genau ebenso wie bei B. latus.

Die Hüllmembran ist stets, wenn auch mit einiger Mühe, mit Sicherheit nachzuweisen (Taf. IX Fig. 2. 3. 4). Zum Schluss der Entwicklung liegt der kugelrunde Embryo meistens in dem Theil des Eis, welcher dem Deckel abgewendet ist.

Der Zwischenraum zwischen den beiden Mantellamellen ist sehr dicht mit ziemlich grobkörnigem Protoplasma erfüllt, welches sich mehr in der Nähe der innern Lamelle angesammelt hat, sodass an der äussern ein heller Saum erscheint (Taf. IX Fig. 2), welcher auch nach dem Ausschlüpfen deutlich sichtbar ist (Taf. VII Fig. 5).

Die groben Protoplasmakügelchen sind DONNADIEU's „Kalkkörperchen", die den Embryophor erfüllen, welcher sich nach ihm ja überhaupt nur aus diesen Kalkkörperchen und dem Dotter, der rings den Embryo umgiebt, bilden soll.

Bereits einige Zeit vor dem Ausschlüpfen beginnt das Spiel der Wimpern am Embryo; er fängt an sich zu drehen, der Deckel springt plötzlich auf, und das Thier schwimmt, anfangs eine mehr längliche Gestalt, später eine völlige Kugelform annehmend, im Wasser umher.

Seine Bewegungen sind zwar auch noch behende, jedoch langsamer als an allen mir bekannten Bothriocephalenlarven. Das Rütteln, das für Triänophorus so charakteristisch war, bemerkt man hier nicht, sondern die Larve schwimmt ruhig sich ganz langsam um die Axe bewegend gerade aus fort, wobei auch sie stets die Haken der Schwimmrichtung abgewendet trägt, während sich an dem Pol, welcher ihr entgegengesetzt ist, auch wieder eine stärkere Verbindung zwischen den beiden Mantellamellen bemerkbar macht, in Folge dessen die äussere trichterförmig eingezogen wird (Taf. IX Fig. 6).

DONNADIEU behauptet, dass die Larven der Regel nach beim Ausschlüpfen den Embryophor zerreissen und dann ohne denselben mit Hülfe von Cilien umherschwämmen. Es ist das ein Zeichen von einer ausserordentlich oberflächlichen Beobachtung; denn einzig und allein der Mantel ist bewimpert, die von ihm eingehüllte Larve jedoch keineswegs. Hätte DONNADIEU nicht gesagt, dass der Embryophor bewimpert sei, so würde ich annehmen können, dass er ihn vielleicht mit der Hüllmembran verwechselt hätte; so aber ist seine Behauptung völlig unerklärlich. —

Die beiden Mantellamellen werden durch aufgenommenes Wasser bei längerem Aufenthalt in demselben auch etwas auseinandergedrängt, aber ebenso wie bei Bothr. latus nicht sehr stark.

Die Cilien sind sehr fein und dicht stehend, zwar kürzer wie bei Bothr. latus, jedoch ausserordentlich viel länger, wie DONNADIEU sie abbildet. Je älter die Larve wird, desto mehr tritt allmählich eine Vakuolisirung der im Mantel befindlichen Protoplasma-

masse ein, sodass die beiden Lamellen schliesslich wieder nur durch ein feines Netzwerk in Verbindung stehn. Nach Tinktionen findet man auch die wenigen, verhältnissmässig recht grossen, länglichen Kerne, die letzte Andeutung der Ektoblastzellen, an den feinen Protoplasmafädchen suspendirt auf (Taf. IX Fig. 6 und 7).

Die Larve besteht ebenfalls aus zwei verschieden grossen Zellenarten.

Derjenige Theil des Thieres, in dem sich die Haken befinden, zeichnet sich dadurch aus, dass in ihm nur sehr wenig Kerne vorkommen, sodass man deswegen fast einen besonderen Kopfabschnitt unterscheiden könnte (Taf. IX Fig. 3 und 4). In vielen Fällen sieht man auch deutliche Faserzüge, die sich einerseits an die Haken, andrerseits sich scheinbar mit Verästelungen an der Cuticula des Kopftheils inseriren. Es ist bei der Kleinheit der Objekte sehr schwierig, sich hierüber ein klares Bild zu verschaffen. (Taf. IX Fig. 4).

Ueber die weitern Schicksale der Larve weiss ich fast nichts zu sagen. Nicht selten fand ich Thiere, bei denen die äussere Lamelle des Mantels geplatzt war, und die Larve, wie bei Bothr. latus nur noch von der innern umhüllt blieb (Taf. VIII Fig. 20). Dagegen habe ich nur selten solche angetroffen, die völlig aus dem Mantel geschlüpft waren, im Gegensatz zu v. Willemoes-Suhm, welcher ein derartiges Verhalten öfter beobachtet haben will. Die Exemplare, bei welchen es wirklich der Fall war, trugen deutlich Spuren des Verfalls an sich, sodass ich den Verlust des Flimmermantels eher für eine pathologische Erscheinung erklären möchte.

Im Uebrigen war es nicht schwierig, die Larven länger als eine Woche hindurch am Leben zu erhalten.

Schistocephalus dimorphus. Crepl.

Litteratur: Abildgaard (1) Creplin (3) Rudolphi (2) v. Willemoes-Suhm (19) Kiessling (33) Steenstrup (11).

Creplin bestätigte 1824 die bereits im vorigen Jahrhundert von Abildgaard ausgesprochene Behauptung, dass Wasservögel, sobald sie einen mit Bandwürmern behafteten Stichling verschluckten, ebenfalls mit diesem Wurm inficirt würden, welcher sich in ihnen weiterentwickle. Creplin stützte sich auf diese alte Behauptung und kommt nach seinen eignen Untersuchungen dann zu dem Schluss, dass Bothriocephalus nodosus der Schwimmvögel identisch sei mit dem Bothriocephalus solidus der Stichlinge, nur dass letz-

terer noch nicht geschlechtlich entwickelt wäre und erst im neuen Wirth seine Reife erhalte. Er fand nämlich, dass diese beiden, sonst als zwei verschiedene Arten beschriebenen Cestoden im Darm von Podiceps rubricollis n e b e n e i n a n d e r vorkommen, und eine Anzahl Würmer in ihrer verschieden weit vorgeschrittenen Entwicklung gestatteten es ihm, einen allmählichen Uebergang von Bothr. solidus in Bothr. nodosus (Schistocephalus dimorphus) festzustellen.

Steenstrup (11) sprach dann auch mit völliger Bestimmtheit aus, dass es viele Bandwürmer in Fischen gäbe, die ihre Reife erst innerhalb von Vögeln erhielten, was allerdings sogar schon Rudolphi (2) behauptet hatte.

v. Willemoes-Suhm konnte die Eier eines Bandwurms, welchen er in einer Möve gefunden hatte, zur Entwicklung bringen und behauptet, dass er die ausgeschlüpften Larven eines Schistocephalus vor sich gehabt hätte. Donnadieu meint, dass es eine Ligula gewesen wäre. Höchst wahrscheinlich war es aber keiner von diesen beiden Würmern, deren Larven v. Willemoes-Suhm gezogen hat, denn weder die Eier von Ligula noch die von Schistocephalus besitzen die auffallend längliche, fast spindelförmige Form, wie sie seine Abbildung zeigt.

Kiessling (33) versuchte vergeblich, durch Verfüttern von Stichlingen an Enten sich geschlechtsreife Schistocephalen zu besorgen, vermuthet jedoch wegen der bereits sehr weit vorgeschrittenen Entwicklung der Geschlechtsorgane, dass die Reife innerhalb des Vogeldarms mindestens in ebenso kurzer Zeit wie bei Ligula von Statten gehn müsse.

Da es mir nicht gelang, reife Schistocephalen in Wasservögeln aufzufinden, obgleich ich wohl gegen hundert derselben untersuchte, so war ich wieder gezwungen, meine Zuflucht zur künstlichen Zucht zu nehmen.

Merkwürdiger Weise misslangen mir ebenso wie bei Ligula sämmtliche im Laufe des Sommers angestellten Fütterungsversuche bei einer Ente, und erst im Spätherbst war j e d e Fütterung von Erfolg begleitet. Es war zu derselben Zeit, in welcher die Stichlinge dicht gedrängt, in kolossalen Schwärmen herumzuziehn pflegen. Sie werden dann mit Leichtigkeit (im frischen und kurischen Haff z. B.) in enormer Quantität zur Thranbereitung gefangen, fallen dann aber auch gleichzeitig einer grossen Menge von Möven oder anderen Wasservögeln zur Beute. V i e l l e i c h t also, dass in d i e s e r G e g e n d der Bandwurm sich gerade um

diese Zeit innerhalb der Fische so weit entwickelt hat, um in einem warmblütigen Wirth in kurzer Zeit völlig reif werden zu können.

Steenstrup meint dagegen, dass eine Infizirung der Vögel regulär nur dann stattfindet, wenn sie einen Schistocephalus verschlucken, welcher bereits die Leibeshöhle des Stichlings verlassen hat, was nicht selten vorkommt.

Kiessling's Vermuthung, dass der Aufenthalt im Vogeldarm nicht lange währen könnte, bestätigte sich. Bereits nach 36 Stunden nach der Fütterung konnte neben unreifen aber trotzdem lebend abgegangenen Würmern auch eine Anzahl reife aufgefunden werden, und länger wie zwei, höchstens drei Tage scheinen sie nie in der Ente zu bleiben, denn nach Ablauf dieser Zeit wurde kein einziger Wurm mehr in den Exkrementen bemerkt.

Was die embryonalen Entwicklungsvorgänge anbelangt, so ist über dieselben wenig zu berichten, weil sie fast ganz übereinstimmend mit jenen der oben beschriebenen Bothriocephalen sind.

Der reichlich vorhandene Dotter lässt anfangs nur schwer seine einzelnen Zellen erkennen, deren Grenzen und Kerne aber später sehr deutlich werden. Ausgezeichnet ist die Entwicklung der Hüllmembran. Nirgends sieht man sie so deutlich wie hier, und namentlich sind an den Eipolen die Zellen in ihr von ausserordentlicher Deutlichkeit (Taf. IX Fig. 8), ähnlich den „kalottenartigen Zellen“ der Trematodenhüllmembran.

Schwieriger dagegen ist es, die Ektoblastzellen zu erkennen, weil sie bei Schistocephalus im Gegensatz zu allen übrigen Bothriocephalen in sehr innigem Zusammenhang mit den von ihnen eingeschlossenen Entoblastzellen stehen. An geeigneten Präparaten findet man, dass die erstgenannten Zellen nach der Seite des Entoblast zu gewölbt sind (Taf. IX Fig. 8), und dass durch dieses Eingreifen der Ekto- in die Entoblastzellen eine so feste und die Unterscheidung der Ektoblastschicht eine so schwierige wird. Bei den andern Bothriocephalen war es gerade umgekehrt. Hier waren die Ektoblastzellen nach Aussen gewölbt, so dass durch sie die ganze Embryonalanlage eine höckerige Oberfläche erhält.

Auch später, wenn sich bereits der Flimmermantel gebildet hat, liegt dieser dem Embryo sehr fest an, und seine Wand ist verhältnissmässig dünn (Taf. IX, Fig. 9), so dass es grosse Schwierigkeiten macht, an ihm auch die innere Lamelle zu erkennen.

Die Art des Ausschlüpfens ist dieselbe wie bei Ligula; ein Unterschied von letzterer besteht darin, dass der reife Embryo

nicht als Kugel in der Schale liegt, sondern darin eine völlig ovale Gestalt annimmt (Taf. IX, Fig. 9). Innerhalb von ungefähr 8 Tagen öffnet sich der Deckel, und die Larve schwimmt pfeilschnell und reissend, sich rasch um die Axe drehend, davon. Sie besitzt sehr lange und kräftige Wimpern, in Folge dessen sie auch am raschesten von den mir bekannten Larven schwimmt. Der Mantel bleibt dabei anfangs auch jetzt noch ganz dünn und liegt der Larve überall fest an. Erst später beginnt er sich aufzublähen, dann aber auch in sehr erheblichem Maasse, ähnlich, wenn auch nicht ganz so stark, wie bei Triänophorus. Hierbei betheiligt sich nicht nur die äussere, sondern auch die innere Lamelle (Taf. IX, Fig. 10).

Bothriocephalus spec.?

Im Darm eines Podiceps cristatus traf ich einen Bothriocephalus an, der zusammen mit dem Darminhalt bereits so stark in Fäulniss übergegangen war, dass ich bei einem Versuch, ihn mit der Pincette zu fassen, ihn nur in einzelnen Fetzen herausziehen konnte. Trotzdem entwickelten sich die aus jenen Rudimenten isolirten Eier vortrefflich, so dass bereits nach 8 Tagen die Larve herausschlüpfte. Es ist das ein Zeichen, wie ausserordentlich widerstandsfähig nicht nur die Tänien-, sondern auch die Bothriocephaleneier äusseren Einflüssen gegenüber sind, und wie schwer es ist, ihre Entwicklungsfähigkeit zu vernichten.

Die flimmernde Larve ist dadurch ausgezeichnet, dass sich zwischen den beiden Lamellen ihres Flimmermantels ein sehr regelmässiges und zartes Maschennetz von Protoplasmafäden ausspannt. Körniges, undurchsichtiges Protoplasma ist in relativ geringer Menge im Mantel enthalten und so vertheilt, dass es sich meistens nur dicht an den beiden Mantellamellen angesammelt hat, während es den übrigen Raum zwischen ihnen freilässt. Von jener Protoplasmaanhäufung entspringen die Fädchen mit einer etwas verbreiterten Basis (Taf. IX, Fig. 11).

Innerhalb des Mantels ist ausserdem noch eine Menge stark lichtbrechender Körnchen enthalten, und ein Theil derselben ist scheinbar an den einzelnen Fädchen angeklebt, so dass das Ganze dadurch ein sehr zierliches Bild gewährt, namentlich wenn man nicht den optischen Durchschnitt, sondern die Oberfläche des Mantels betrachtet (Taf. IX, Fig. 12). Die Flimmerhaare sind zart und in relativ geringer Anzahl vorhanden. Die Bewegung des Thieres ist daher auch recht langsam, fast schleichend. Die Larve

schwimmt taumelnd, sich nur um die Axe drehend, umher, und bisweilen kann man an ihr auch ein Oscilliren bemerken, wenn es auch lange nicht so energisch ist wie bei Triänophorus.

Ich habe stets die Schwimmbewegung bei den einzelnen Arten angeführt, weil dieselbe in der That charakteristisch für jede Species ist, so dass man schon allein durch sie im Stande wäre zu entscheiden, zu welchem Bothriocephalus die Larve gehört.

Interessant war diese Larve aber deswegen noch im hohen Grade, weil bei ihr die histologische Differenzirung weiter vorgeschritten war, wie es sonst der Fall zu sein pflegte. Man konnte bei ihr nämlich deutlich an einzelnen Stellen die flackernde Bewegung eines Flimmerläppchens sehen. Wenngleich es bei der Kleinheit des Objekts nicht möglich war, etwas Näheres über den feineren Bau zu beobachten, so kann man trotzdem wol mit Sicherheit annehmen, hierin die Flimmertrichter des später bei den erwachsenen Würmern so reich entwickelten excretorischen Gefässsystems vor sich zu sehen. —

Man merkt aus den vorstehenden Beobachtungen, wie übereinstimmend im Allgemeinen die Entwicklung bei sämmtlichen Bothriocephalen verläuft.

Nur die Keimzelle betheiligt sich direkt am Aufbau des Embryos, während die Dotterzellen nur ernährende Funktionen besitzen. Sie furcht sich ziemlich regelmässig; aus dem Verbande der daraus hervorgegangenen Zellen lösen sich bereits früh eine oder mehrere ab, um den gesammten Eiinhalt inklusive Dotter zu umwachsen und schliesslich eine embryonale Hülle zu bilden, die namentlich bei den flimmerlosen Embryonen (B. rugosus) zu besonders starker Entwicklung gelangt, während sie in den sehr dotterreichen Eiern mit bewimperten Larven zwar sehr zart bleibt, aber doch stets nachzuweisen ist. Nie wird dieselbe beim Ausschlüpfen von dem Embryo mitgenommen, ja sie wird sogar schon häufig vorher völlig rückgebildet, so dass sie zum Ende des Embryonallebens kaum mehr nachzuweisen ist.

Die Embryonalzellen nehmen meistens innerhalb des Dotters eine Kugelgestalt an, und zum zweiten Mal findet an ihnen eine Epibolie statt, die sich jetzt jedoch nicht über den Dotter erstreckt. Der Embryo besteht nun aus einer dünnen äusseren Zelllage und einer kompakten inneren Masse. Aus ersterer nimmt eine Hülle ihren Ursprung, die eine Menge von Protoplasma enthält, welches später nach dem Ausschlüpfen mehr oder weniger

vakuolisirt wird, so dass bei einigen Formen schliesslich nur noch feine Protoplasmafädchen die beiden Lamellen mit einander verbinden, an welchen noch die Kerne der ursprünglichen Bildungszellen nachzuweisen sind. Diese zweite Hülle ist entweder wimperlos (B. rugosus) oder sie trägt Cilien. Stets wird sie beim Ausschlüpfen mitgenommen; sie dient als Schutz- und bei den bewimperten Formen zugleich als Bewegungsorgan bis zu dem Zeitpunkt, wo die Larve einen passenden Wirth gefunden hat. Stets ist der Zusammenhang zwischen Mantel und Larve ein sehr loser, so dass sie der Larve auch bereits vor dem Einwandern leicht verloren gehen kann.

Am Larvenkörper selbst ist nachzuweisen, dass er aus zwei Zellarten zusammengesetzt ist, die sich durch verschiedene Grösse von einander unterscheiden. Die grössern liegen mehr im Centrum, die kleinern an der Peripherie, ohne daselbst jedoch ein Epithel zu bilden. — Von weitern Differenzirungen besitzt die Larve drei Hakenpaare, welche durch Muskelfasern bewegt werden können. In sehr seltenen Fällen ist es auch möglich, flimmernde Stellen aufzufinden, welche offenbar die erste Andeutung der spätern Wimpertrichter sind. —

Obgleich die Einwanderung der Bothriocephalenlarven in ihren Wirth thatsächlich noch nie beobachtet wurde, so lässt es sich trotzdem doch mit völliger Sicherheit annehmen, dass hierbei der Flimmermantel derselben oder die ihm entsprechende flimmerlose Hülle abgeworfen wird. Da nun auch die Hüllmembran im Ei bereits zurückgelassen wurde, so sind sämmtliche Gewebe der eingewanderten Larve und also auch später die des erwachsenen Bandwurms rein entodermaler Natur.

Ich habe in der obigen Darstellung bereits stets vom Ekto- und Entoblast gesprochen. Als Ektoblastgebilde bezeichnete ich die Hüllmembran und den Mantel, als Entoblast den von ihr eingeschlossenen eigentlichen Embryo. Ich glaube zu dieser Annahme um so mehr berechtigt zu sein, weil in dem Vorgang der Epibolie offenbar eine Gastrulation zu erblicken ist, wie sie bei allen übrigen Metazoen stattfindet; wir werden daher die Keimblätter der Gastrula auch nach denselben Gesichtspunkten beurtheilen und mit denselben Bezeichnungen belegen dürfen, wie wir es sonst gewohnt sind.

Dass die Blastula der Bothriocephalen eine kompakte Zellenmasse darstellt ohne Furchungshöhle, ist nicht auffallend; eigen-

thümlicher dagegen und abweichend ist es, dass eine zweimalige Epibolie stattfindet. Einmal vollzieht sich eine Umwachsung der soliden Blastula mitsammt dem Dotter, und ausserdem noch eine zweite, die nicht die Dotterzellen, sondern einzig und allein die Embryonalzellen umfasst. Der ersteren verdankt die Hüllmembran, der zweiten der Mantel seinen Ursprung. — Diese successive Entwicklung des Ektoblast — man könnte fast sagen, diese doppelte Gastrulation — ist lediglich bedingt durch eine besondere Embryonalhülle, jener eigenthümlichen Hüllmembran.

Schon LEUCKART (32 p. 417) kam bei der Beurtheilung des Flimmermantels der Bothriocephalen, indem er auch gleichzeitig auf den histologischen Ergebnissen fusste, zu der Ueberzeugung, dass derselbe das Ektoderm des Embryo repräsentire, und dass die erwachsenen Bandwürmer demnach kein Ektoderm mehr besässen.

Meine Beobachtungen führen mich genau zu demselben Schluss.

Wenn wir behaupten, dass durch den Vorgang der Epibolie beim Bothriocephalenembryo eine Gastrula gebildet wird, so müssen wir auch zugeben, dass die Larve nach Verlust der Hüllmembran und des Mantels lediglich aus Entoderm besteht, und dass alle weiteren histologischen Differenzirungen sich nur von diesem und von dem aus ihm abstammenden mesodermalen Mesenchym herleiten.

Es lässt sich nicht leugnen, dass diese Annahme eine Stütze erhält durch die Befunde an erwachsenen Bandwürmern.

Wie bei den Cestoden überhaupt, so haben auch bei den Bothriocephalen alle Untersuchungen dahin geführt, ihnen ein Ektoderm, wie man es sonst versteht, abzusprechen. Ein ektodermales Epithel, eine „Epidermis“, ist eben nicht möglich gewesen aufzufinden. Wir unterscheiden bei ihnen nur eine Rinden- und eine Marksubstanz, und man geht gewiss nicht fehl, wenn man bereits bei den Larven in den kleinen an der Peripherie gelegenen Zellen den Ursprung für erstere, in den mehr im Centrum gelegenen für letztere erblickt. —

Man konnte wohl voraussehen, dass die Entwicklung der Bothriocephalen mit der der Tänien eine grosse Uebereinstimmung zeigen würde, da ja die erwachsenen Thiere in anatomischer und histologischer Beziehung so nahe stehn.

In der That ist diese Uebereinstimmung wirklich vorhanden,

und die geringen Abweichungen sind leicht zu erklären, wenn man die verschiedene Lebensweise in Betracht zieht.

Die Mehrzahl der Tänien bewohnt Landthiere; ihre Eier erlangen innerhalb der Proglottis bereits ihre Reife, und die Larven werden mit Hüllen ausgestattet, welche ihnen den grösstmöglichsten Schutz gegen das Eintrocknen etc. auf dem Lande gewähren.

Diejenigen Tänien jedoch, deren Eier nicht auf das Land sondern ins Wasser gelangen, also die in Wasservögeln oder Fischen lebenden, haben demgemäss auch wieder Larven, die sich dem Wasseraufenthalt angepasst haben; ihre Schutzorgane sind anders gestaltet und zeigen mehr Uebereinstimmung auch in den äussern Formen mit denen der Bothriocephalen.

Ich erwähnte bereits oben, dass ich bei einer in der Ente und ebenso bei einer andern in Weissfischen lebenden Tänie keine Chitinschale gefunden habe, sondern an deren Stelle eine dünne, sehr ausdehnungsfähige Membran, ähnlich dem Mantel von Bothr. rugosus.

Bei dem Vergleich der Bothriocephalen und der Tänienentwicklung wollen wir in Bezug auf letztere uns an die Arbeit von v. Beneden halten (40) und auch dessen Ausdrücke adoptiren.

Nach ihm sondern sich von dem Haufen der Embryonalzellen einige wenige Zellen ab, die sich bereits durch ihre beträchtliche Grösse von den übrigen unterscheiden; sie umwachsen den Embryo. Schliesslich entsteht aus ihnen eine dünne, zarte Membran, die „couche albumineuse". Aber noch eine zweite Epibolie findet statt; nochmals lösen sich einige Zellen aus dem Verbande mit den übrigen los und umwachsen von Neuem den Embryo; aus ihnen entsteht die „couche chitinogène", welche später von bedeutender Dicke und Festigkeit wird, und schliesslich bei der Reife des Eis und nach dem Verschwinden der couche albumineuse die einzige Hülle des Embryo bildet. An diesem selbst sind die peripheren Zellen klein, die im Centrum gelagerten gross.

v. Beneden erklärt die couche albumineuse für homolog der Flimmerhülle der Bothriocephalen und vergleicht die beiden Zelllagen des eigentlichen Embryos mit den Keimblättern einer Gastrula, dem Ekto- und Entoblast; letzteres stellt er jedoch nur als Vermuthung auf.

Zur Zeit seiner Untersuchungen kannte man weder die Hüllmembran der Bothriocephalen, noch wusste man, dass deren Larve ebenfalls aus zwei durch Grösse und Lage verschiedenen Zellarten zusammengesetzt ist, und daher ist es nicht auffallend, dass van

Beneden sich für die Homologie der couche albumineuse und des Flimmermantels erklärte. Ich selbst bin früher (43) aus demselben Grunde darüber im Zweifel gewesen, in welcher Weise die Hüllen der Tänien und der Bothriocephalen mit einander zu vergleichen seien.

Jetzt, nachdem ich selbst die Entwicklung der Bothriocephalenlarve kennen gelernt habe, vertrete ich mit grösster Bestimmtheit folgende Ansicht: Die Hüllmembran der Bothriocephalen ist homolog der couche albumineuse, und der flimmernde oder nicht flimmernde Mantel der erstern ist gleichzusetzen der couche chitinogène.

Die Art und Weise der Entwicklung dieser Hüllen ist bei beiden Cestodenabtheilungen dieselbe.

Ich fasse daher aus demselben Grunde, wie ich es oben für die Bothriocephalen gethan habe, die Epibolie bei der Bildung der eiweissartigen und chitinösen Hülle als Gastrulation auf und die Hüllen selbst für die einzigen Ektoblastgebilde. Mithin wäre die Tänienlarve ebenfalls rein entodermal; sie entspricht völlig der Bothriocephaluslarve; auch in ihr sind bereits Rinden- und Marksubstanz durch die Verschiedenheit der sie zusammensetzenden Zellen angedeutet.

Bei dieser Anschauungsweise der Cestodenentwicklung wäre es nun in der That gleichgültig, wie viel Embryonalhüllen sich ausbilden, und es sind ja, namentlich von ältern Beobachtern, bei einigen Tänien auch wirklich mehr wie zwei beschrieben worden. Sollten sich diese Fälle wirklich bestätigen, so ist bei ihnen statt der zweimaligen successiven Ausbildung des Ektoblast eine drei- oder vierfache getreten.

Bei den Bothriocephalen und bei Tänia serrata ist das Material zur Ektoblastbildung bereits nach zweimaliger Epibolie erschöpft; denkbar sind jedoch aber sehr gut Fälle, in denen es ausreichen würde, um die Zahl der aufeinanderfolgenden Ektoblastabstossungen zu vermehren, wobei es auch nicht in Betracht käme, ob dieselben durch Delamination oder Epibolie sich vollziehen; denn einerseits sind dieses offenbar nicht sehr verschiedene Vorgänge, und andrerseits werden sich sicherlich, wenigstens bei den „Cestoden" die meisten „Delaminationen" bei genauer Beobachtung als Epibolien herausstellen.

Jedenfalls ist die eigentliche Larve bei den verschiedenen Cestoden eine stets feststehende Bildung, mag auch sonst die Zahl oder Beschaffenheit ihrer Hüllen noch so verschieden sein. Bei

ihrer Reife ist sämmtliches Ektoblast zur Bildung von Hüllen verwendet worden; sie besitzen keins mehr.

Auf diese Weise lassen sich jene komplicirten Verhältnisse jedenfalls besser erklären, als wenn man, wie es, glaube ich, wirklich versucht worden ist, von der äussersten Hülle anfangen würde und nun die verschiedenen Keimblätter herauskonstruiren wollte; man würde dann mit der bis dahin als feststehend angenommenen Zahl von Keimblättern garnicht ausreichen, da vielleicht mehr Schichten abgeworfen werden, als überhaupt Keimblätter vorhanden sind. Bei einem Vergleich müssen wir vom Embryo selbst ausgehen und centrifugal nicht centripetal vorschreiten.

Eine fast noch grössere namentlich äussere Uebereinstimmung in der Entwicklung zeigen die Trematoden mit den Bothriocephalen. Da ja auch die Form des Eis mit Ausnahme vielleicht der etwas verschiedenen Grösse, seine Zusammensetzung, sein Dotterreichthum etc. in diesen beiden Wurmabtheilungen so übereinstimmend ist, so würde es in der That besonders bei jüngern Entwicklungsstadien schwierig sein, mit Bestimmtheit zu sagen, ob man einen Trematoden oder Bothriocephalenembryo vor sich hat.

Eine Hüllmembran ist bei beiden vorhanden und die Art ihrer Entwicklung ist völlig mit einander übereinstimmend, wie auch die Entstehung der strukturlosen Cuticula oder der Wimperhülle der Trematoden keine Abweichung von jener des flimmernden oder nicht flimmernden Mantels der Bothriocephalen zeigt. Die ganze Entwicklung überhaupt ist in ihren Grundzügen völlig gleich; die einzigen Unterschiede bestehen in der weitern Differenzirung des Bothriocephalenmantels und der etwas komplicirteren spätern Ausbildung der eigentlichen Trematodenlarve.

Als homologe Bildungen sind also aufzufassen die Hüllmembranen, und der flimmernde oder nicht flimmernde Mantel der Bothriocephalen ist dem bewimperten oder nicht bewimperten Ektoderm der Trematoden gleichzusetzen.

Hieraus ergiebt sich dann auch die entsprechende Homologie der Trematoden mit den Tänienhüllen.

Diese Ansicht habe ich bereits am Schlusse meiner Untersuchung über die Tremadotenentwicklung (43) als Vermuthung ausgesprochen, nachdem ich vorher die einzelnen ektodermalen Bildungen in anderer Weise mit einander verglichen hatte, weil eben die einzelnen Hüllen der Bothriocephalen noch nicht bekannt waren. Jetzt dagegen kann es keinem Zweifel unterliegen, dass der einzige richtige Vergleich der obige ist.

Hieraus müsste dann wiederum der Schluss gezogen werden, dass die Trematoden ebenfalls kein Ektoderm in gewöhnlichem Sinne besitzen.

Biehringer (44) beschreibt nun allerdings bei einigen von ihm untersuchten jüngern Sporocysten, eine diese umschliessende feine Haut mit eingelagerten Kernen, welche jedoch bei der an ältern Exemplaren eintretenden allgemeinen Gewebedegeneration rückgebildet werden, und vertritt demnach die Ansicht, dass die Trematoden eine echte Epidermis, welche der Hypodermis der übrigen Würmer entspricht, haben.

Jedenfalls sind die Untersuchungen darüber noch lange nicht abgeschlossen und wegen ihrer grossen Schwierigkeiten werden sie so rasch wohl auch nicht bis zu dem Grade gediehen sein, dass es möglich ist, ein endgültiges Urtheil zu fällen, ohne Vermuthungen Spielraum zu gewähren, welche mehr oder weniger Anspruch auf Richtigkeit machen können; es ist eben nothwendig, einen Trematodenembryo bis zu seiner Verwandlung in eine Sporocyste oder Redie Schritt für Schritt zu verfolgen. Bis jetzt weiss man mit Sicherheit nur, dass die bewimperten Trematodenlarven ihren Cilienmantel beim Einwandern in einen Wirth abwerfen, was Wagner (41) bei Distomum cygnoides und Leuckart (42) bei Distomum hepaticum nachgewiesen haben.

Einstweilen ist die Annahme daher immer noch zulässig, dass die Sporocysten, welche Bieringer untersucht hat, ihre Embryohülle noch nicht abgeworfen, sondern sie in das Wohnthier mit hinüber genommen hatten, dass die „Epidermis“ daher einen Ueberrest von dieser Hülle darstelle, welche erst später völlig verschwindet, und namentlich könnte das dann der Fall sein, wenn die Sporocysten nicht von bewimperten sondern von unbewimperten Larven abstammen würden. Von den Vorgängen, welche sich beim Einwandern der nackten Trematodenlarven abspielen, weiss man vorläufig noch garnichts. Bei Distomum tereticolle fand ich (43), dass in den von mir als Ektoblast bezeichneten Zellen allmählich die Kerne völlig verschwinden bis auf diejenigen, welche zu den acht Borstenplatten gehören, und die noch längere Zeit hindurch sichtbar bleiben. Zum Schluss sind aus der Schicht flacher Ektoblastzellen eine strukturlose Cutikula und mehrere mit Chitinborsten besetzte Platten entstanden. Was nun aus dieser Cutikula aber beim Einwandern wird ist völlig unklar; möglich ist es, dass sie nicht sofort abgeworfen, sondern in das Wohnthier mit hinübergenommen wird,

wie es auch nicht unwahrscheinlich ist, dass sich in ihr bei andern Arten längere Zeit hindurch wie bei Distomum tereticolle Kerne nachweisen lassen, und dass diese von Biehringer gesehen worden sind.

Ebenso lassen sich vorläufig auch noch keine sicheren Schlüsse auf die „Epidermis“ der Geschlechtsgeneration der Trematoden ziehen, wenngleich Biehringer an Cerkarien „eine glashelle, doppelkontourirte Haut, welche in Erweiterungen einen oder mehrere Kerne enthält“, gefunden hat.

Ich selbst hatte bereits diese „Haut“ gelegentlich meiner Trematodenuntersuchungen gesehn; ob dieselbe aber zur bleibenden Epidermis der Trematoden wird, ist vorläufig, so lange wir nicht die vollständige Entwicklungsgeschichte der Cerkarien bis zum ausgebildeten Trematoden kennen, ungewiss. Es wäre ja möglich, dass es der Fall ist, es ist aber auch ebenso leicht möglich, dass sie ebenfalls nur eine Embryonalhülle repräsentirt.

Beiläufig möchte ich bemerken, dass die Beobachtung Biehringers über das Entstehen der Cerkarienkeime in der Wandung der Sporocyste selbst, jedenfalls nicht für alle Fälle Gültigkeit besitzt. Ich habe innerhalb einer Trematodenamme aus Planorbis carinata Keime frei flottirend gefunden, welche entweder erst aus einer oder doch nur sehr wenigen Zellen bestanden, und dabei konstatirt, dass bei ihrer Weiterentwicklung bereits sehr früh eine Epibolie stattfindet. Sobald der Keimkörper nur aus drei oder vier Zellen besteht, lagert sich eine von ihnen kalottenförmig um die andern herum und umwächst sie vollständig, indem sich ihre Ränder verdünnen; es ist ein ganz ähnliches Bild, wie ich es später bei der Entwicklung der Bothriocephalen angetroffen habe (Taf. VII Fig. 31). Wiewohl ich es bis jetzt selbst noch nicht weiter verfolgt habe, lässt sich doch wol annehmen, dass diese umwachsende Zelle das erste Entwicklungsstadium jener Hülle ist, welche später die Cerkarien umgiebt.

Auch die Polystomeen mit in diese Betrachtungen hineinzuziehen hat deswegen seine Schwierigkeiten, weil über ihre Entwicklung so äusserst wenig bekannt ist. Bei Aspidogaster konnte ich eine Hüllmembran nachweisen, welche in Bau und Entwicklung mit jener der Distomeen völlig gleich war.

In dieser Hinsicht zeigen die Trematoden mit direkter Entwicklung bereits eine Uebereinstimmung mit den Distomeen; ob dieselbe nun aber noch weiter geht, indem noch eine zweite Embryonalhülle vorhanden ist, ist ungewiss. Wenn es nicht der

der Fall sein sollte, so wäre das Material zur Bildung des Ektoblast bereits durch diese eine Epibolie bei Entwicklung der Hüllmembran erschöpft, sodass für eine zweite Hülle oder für die Bildung eines bleibenden Ektoblast keines mehr zu Gebote stände, wenn es sich eben auch mit Sicherheit herausstellen würde, dass die erwachsenen Thiere ebenfalls kein Ektoderm besässen. Haben sie dagegen aber dennoch ein solches, so ist nur aus der ersten Epibolie eine embryonale Hülle entstanden, während die Zellen, welche bei den Distomen die Flimmerhülle oder bei den Bothriocephalen den Mantel bilden, hier nicht zum Aufbau eines so vergänglichen Organes angewendet werden, sondern eine bleibende Epidermis zusammensetzen.

Es ist wohl selbstverständlich, dass diese Erwägungen, solange keine thatsächlichen Beobachtungen vorliegen, von mir natürlich nur als Vermuthungen hingestellt werden. —

Bei der Entwicklung von Amphilina, jenes interessanten und in Betreff seiner systematischen Stellung noch immer etwas zweifelhaften Thieres, entsteht nach SALENSKY (39) aus den ersten Furchungselementen der Eizelle zunächst eine Embryonalhülle. Erst dann, nachdem sich diese völlig gebildet hat, erscheint in ihrem Innern ein Zellhaufen, welcher die erste Anlage des Embryos darstellt. Die Hülle zieht sich darauf etwas zurück und in dem durch diese Abtrennung entstandenen Raume treten zwei Zellen auf, welche beständig an den Polen des Eis gelagert bleiben, und die SALENSKY daher auch Polzellen nennt. Obgleich sie am häufigsten zu zweien auftreten, kann bisweilen auch nur eine erscheinen, oder ihre Zahl kann sich auch bis auf sieben erhöhen, und wiewohl sie meistens am vordern Eipol liegen, können sie bisweilen auch am hintern Pol beobachtet werden. Es sind bläschenförmige Zellen mit durchsichtigem Inhalt und kleinen, stark lichtbrechenden Kernen. Höchst wahrscheinlich sind sie, wie SALENSKY meint, aus der Embryonalhülle entstanden, wofür auch der Umstand sprechen soll, dass sie gerade zu jener Zeit auftreten, wenn sich die Embryonalhülle von der Eihülle trennt. Von weiteren Veränderungen konnte nur beobachtet werden, dass die zellige Struktur der Embryonalhaut allmählich schwindet, und dass diese schliesslich mitsammt den Polzellen einer Degeneration anheimfällt. Beim Ausschlüpfen gelangt sie durch einen Spalt der Eischale zunächst

ins Freie und mit ihr der darin eingeschlossene Embryo selbst. Nach einigen energischen Bewegungen desselben wird dann auch die Hülle abgestreift. Die Larve, welche zehn feine Häkchen besitzt, ist auf ihrer vorderen Hälfte mit sehr feinen Flimmercilien bedeckt und im Uebrigen mit einem derben cutikulaartigen Ueberzug bekleidet. Ihre Körpermasse wird im vorderen Theil aus grossen Drüsen-, im hinteren dagegen aus kleineren kugelförmigen Zellen gebildet.

Bereits Salensky weist auf die Aehnlichkeit hin, welche zwischen der Entwicklungsgeschichte von Amphilina und Bothr. proboscideus besteht, abgesehen davon, dass der Embryonalkörper erst dann erscheint, wenn die Hülle ihre höchste Ausbildung erfahren hat. Er hält die Embryonalhülle homolog mit jener von Metschnikoff bei B. proboscideus beschriebenen und ebenso mit den Wimperhüllen der andern Bothriocephalen.

Auch ich möchte die grosse Uebereinstimmung in der Entwicklung der Amphiline und des B. proboscideus oder auch des von mir untersuchten B. rugosus betonen; sie ist anfangs sogar völlig gleich, was namentlich eine Betrachtung der Salenskyschen Figuren 28—30 darthut. Salensky's „Polzellen“ sind eben nichts anderes, wie die grossen Kerne, welche sich auch bei B. rugosus zeigen. Ihre Zahl und Lage ist eben so wechselnd wie dort, und sie sind jedenfalls auch nicht erst von der Embryonalhülle nachträglich entwickelt, sondern sie sind die Kerne jener Zellen, welche ihrerseits die Hülle gebildet haben. Es ist daher wahrscheinlich, dass nicht die gesammten ersten Furchungszellen die Hülle zusammengesetzt haben, sondern nur ein Theil derselben, und dass die übrigen bereits auch zur ersten Anlage des Embryos verwendet werden, sodass die Entwicklung von Hülle und Embryo nicht nacheinander, sondern nebeneinander verläuft wie bei Bothr. rugosus.

Dass die Embryonalhülle der Amphylina homolog der nackten Hülle von B. proboscideus und der bewimperten der übrigen Bothriocephalen sein soll, ist nicht richtig; sie ist vielmehr der Hüllmembran derselben gleichzusetzen.

Ob ein ähnliches Gebilde wie der Flimmermantel der Bothriocephalen auch bei Amphiline vorhanden ist, ist bis jetzt zweifelhaft, denn es ist fraglich, ob die theilweise flimmernde Cutikula derselben ihm entspricht, obgleich sich aus der Flimmerung der Amphilinalarven schliessen lassen könnte, dass auch sie später

eine ähnliche Metamorphose durchmacht, wie so viele andere Plathelminthen, welche dabei ihres Wimperkleides verlustig gehen. —

Es ist zweifellos, dass zwischen den betrachteten Gruppen der Platoden, den Bothriocephalen, Tänien und Trematoden theils eine völlige, theils eine grosse Uebereinstimmung in der Entwicklung herrscht. In wie weit dieselbe auch bei den übrigen, den Turbellarien und Nemertinen besteht, lässt sich vorläufig noch nicht übersehen, wenngleich es sehr wahrscheiulich ist, dass die Aehnlichkeiten, welche letztere in ihren Entwicklungsvorgängen, namentlich in Bezug auf das Ectoblast (44 und 45) zeigen, nicht nur zufällige sind. —

Litteratur.

Bothriocephalen.

1. Abildgaard, Om Indwolde Orm. Scrifter of naturhistorik Selskabet. Kjobenhavn 1770.

2. C. A. Rudolphi, Entozoorum Synopsis. Berolini 1819.

3. Creplin in Ersch's und Gruber's Encyclopädie. I. Serie. 1824.

4. C. Th. v. Siebold in Burdachs Physiologie III. 2. Aufl. 1837.

5. Eschricht, Anatomisch-physiologische Untersuchungen über die Bothriocephalen. Verhandlungen der Kaiserlich-Leopoldinisch-Carolinischen Akademie der Naturforscher. 19. Bd. II. Suppl. Breslau und Bonn 1841.

6. A. Kölliker, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte wirbelloser Thiere. Müller's Archiv 1843.

7. C. Th. v. Siebold, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Thiere. 1848.

8. G. R. Wagner, Die Entwicklungsgeschichte der Cestoden. Verhandlungen der Kaiserlich Leopold.-Carol. Akademie der Naturforscher. Breslau und Bonn 1854.

9. K. Wedl, Zur Ovologie und Embryologie der Helminthen. Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissenschaften zu Wien, 1855.

10. Schubart, Tagblatt der Versammlung der Naturforscher und Aerzte in Bonn. 1857. S. 19.

11. Steenstrup, Overs. konigl. danske Videnskab. Selskab. Forhand. 1857.

12. G. R. Wagener, Helminthologische Bemerkungen aus einem Sendschreiben an C. Th. v. Siebold. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. 1858.

13. K. Wedl, Zur Helminthenfauna Aegyptens. II. Theil. Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissensch. zu Wien. 1861.

14. J. Knoch, Die Naturgeschichte des breiten Bandwurms mit besonderer Berücksichtigung der Entwicklungsgeschichte. Mémoires de l'academie impériale de St. Peterbourg. Vol. V Série 7. 1863.

15. R. LEUCKART, Die Parasiten des Menschen. 1. Aufl. 1863.

16. M. BERTOLUS, Sur le développement du Bothriocephale. Comptes rendus. 1863.

17. J. KNOCH, Die Entwicklungsgeschichte des Bothriocephalus proboscideus als Beitrag zur Embryologie des Bothr. latus. Bulletins de l'academie de St. Petersbourg. 1866.

18. METSCHNIKOFF, Observations sur le développement de quelques animaux. Bull. de l'academie Imp. de St. Petersbourg. 1869.

19. R. v. WILLEMOES-SUHM, Helminthologische Notizen I. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. 19. 1869.

20. STEPANOFF, Arbeiten der Gesellsch. naturforschender Freunde in Charkow, Bd. VII.

21. ED. VAN BENEDEN, Recherches sur la composition et la signification de l'oeuf. Mémoires couronnés de l'academie royale de Belgique. Bruxelles 1870.

22. R. v. WILLEMOES-SUHM, Helminthologische Notizen II. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. 20. 1870.

23. Derselbe, Helminthologische Notizen III. Ibidem Bd. 23. 1873.

24. DUCHAMP, Recherches anatomiques et physiologiques sur les Ligules. Lyon 1876.

25. Derselbe, Annales des sciences naturelles. 1876.

26. Derselbe, Comptes rendus. 1877.

27. Derselbe, „ „ 1878.

28. Derselbe, Annales des sciences naturelles. 1878.

29. DONNADIEU, Contributions à l'histoire de la Ligule, Journal de l'anatomie et de la physiologie 1877.

30. MONIEZ, Embryogenie de la Ligule. Bulletin scientifique du Nord. 1880.

31. Derselbe, Mémoires sur les Cestodes. Paris 1881.

32. LEUCKART, Die Parasiten des Menschen. 2. Aufl. 1880.

33. KIESSLING, Ueber den Bau von Schistocephalus dimorphus. Crepl. und Ligula simplicissima. Rud. Archiv für Naturgeschichte 48. Jahrgang 1881.

34. M. BRAUN, Zur Frage des Zwischenwirthes von Bothriocephalus latus. Bd. I. Zoologischer Anzeiger. 4. Jahrgang. 1881.

35. Derselbe, ibidem Bd. II, III und IV. 5. Jahrgang. 1882.

36. RIEHM, Fütterungsversuche mit Ligula simplicissima. Zeitschrift für gesammte Naturwissenschaften. Halle. 55. Bd. 1882.

37. M. BRAUN, Ueber die Herkunft von Botriocephalus latus. Virchow's Archiv. 88. Bd. 1883.

38. R. Leuckart, Berichte über die Leistungen etc. Archiv f. Naturgeschichte.

---

39. Salensky, Ueber den Bau und die Entwicklungsgeschichte der Amphylina. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie Bd. XXIV. 1874.

40. E. van Beneden, Recherches sur le développement embryonaire de quelques Ténias. Archiv de Biologie. Vol. II. 1881.

41. G. Wagener, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Eingeweidewürmer. Eine von der holländischen Societät der Wissenschaften zu Harlem 1855 gekrönte Preisschrift 1857.

42. R. Leuckart, Zur Entwicklungsgeschichte des Leberegels. Archiv für Naturgeschichte. 1882.

43. H. Schauinsland, Beitrag zur Kenntniss der Embryonalentwicklung der Trematoden. Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft Bd. XVI. N. F. Bd. IX. Jena 1883.

44. C. K. Hoffmann, Zur Anatomie und Ontogenie von Malacobdella. Niederländisches Archiv für Zoologie, Bd. IV. 1877.

45. J. Jijima, Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Süsswasserdendrocoelen (Tricladen). Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. 40. 1884.

46. J. Biehringer, Zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Trematoden. Arbeiten aus dem zoologisch-zootomischen Institut in Würzburg, Bd. VII. 1884.

Tafelerklärung.

Für alle Figuren gelten folgende Bezeichnungen:

al Aeussere Mantellamelle,
dt Dotter,
dtz Dotterzellen,
ebz Embryonalzellen,
ec Ektoblast,
en Entoblast,
es Eischaale,
ez Eizelle,
hm Hüllmembran,
hmz Hüllmembranzellen,
il Innere Mantellamelle,
n Kerne der Hüllmembranzellen,
ne Kerne in dem Mantel,
rk Richtungskörper,
Ec Ektoderm,
En Entoderm.

Sämmtliche Figuren wurden mit dem Prisma gezeichnet. Die Vergrösserung ist: Zeiss. Object. K Immers. und Ocul. 1—3, also eine 590 bis 1060-fache.

Die Präparation bestand meistens in einer Härtung durch 1 bis 2 $\frac{0}{0}$ Osmiumsäure, bisweilen auch durch Sublimat und nachträgliche Färbung mit verschiedenen Carminen.

Tafel VII.

Fig. 1—28. Bothriocephalus rugosus.

Fig. 1. Die ovale Eizelle ist mitten im Dotter gelegen.

Fig. 2. Der Nahrungsdotter besteht aus noch völlig intakten Dotterzellen.

Fig. 3. Die Eizelle ist an dem einen Pol des Eies gelagert.

Fig. 4. In der Eizelle tritt als Beginn der Furchung ein Amphiaster auf.

Fig. 5. In der Eizelle bemerkt man eine grössere und eine kleinere sternförmige Figur, letztere vielleicht von einem eingedrungenen Spermatozoid herrührend.

Fig. 6. Die Eizelle hat sich getheilt. *rk* Richtungskörper.

Fig. 7—19. Entstehung der Hüllmembran.

Fig. 7. An den beiden Polen des Eis liegt je eine grosse Zelle, die Hüllmembranzellen. Die 4 Embryonalzellen zeigen Kernspindeln.

Fig. 8—11. Osmiumpräparate. Bei den Zellen der Hüllmembran ist, wie im frischen Zustande, nur das Kernkörperchen sehr deutlich, während die Contouren des Nukleus kaum bemerkbar sind.

Fig. 8. Die Zahl der Embryonalzellen ist bedeutender geworden. Die Ränder der Hüllmembranzellen haben sich dünn ausgezogen, sodass sie den gesammten Eiinhalt bereits einschliessen.

Fig. 9. An dem einen Pol befinden sich zwei Hüllmembranzellen, an dem andern keine.

Fig. 10. Nur an dem einen Pol ist eine Hüllmembranzelle bemerkbar, die durch einen deutlichen Spalt von den übrigen Embryonalzellen getrennt ist.

Fig. 11. An jedem Pol ist eine Hüllmembranzelle.

Fig. 12—14. Eier, welche mit Osmium und Essigsäure behandelt sind, wodurch der Kern deutlicher hervortritt. Gleichzeitig ist durch die Präparation der Embryonalzellhaufen geschrumpft, sodass sich die Hüllmembran, in welcher die Körper der sie zusammensetzenden Zellen noch zu erkennen sind, deutlich abhebt. Der Dotter ist bis auf wenige Reste geschwunden.

Fig. 15—17. Sublimatpräparate. Der sehr grosse Nukleus der Hüllmembranzellen zeigt scharfe Contouren. Der Haufen der Embryonalzellen hat eine kugelförmige Gestalt angenommen.

Fig. 16. Der in den Hüllmembranzellen noch enthaltene Rest von Protoplasma ist nur noch in Gestalt von feinen Fädchen vorhanden, und allein in der Umgebung des Kerns ist dasselbe noch etwas stärker angehäuft.

Fig. 17. Der Eiinhalt ist etwas geschrumpft, wodurch namentlich die Hüllmembran sehr deutlich sichtbar geworden ist.

Fig. 18 u. 19. Frische Eier, in demselben Entwicklungsstadium wie Fig. 17.

Die Hüllmembran ist als solche nicht deutlich zu erkennen, nur die sehr grossen Kerne in ihr treten scharf hervor.

Fig. 20—28. Entwicklung des Ektoderms.

Fig. 20. Die Umwachsung des Ektoblastes ist noch nicht völlig beendet.

Fig. 21. Die Epibolie ist vollendet; die Ektoblastzellen schliessen das Entoblast völlig ein.

Fig. 22. Das Ektoblast beginnt sich zu verdicken. Das in der Hüllmembran noch vorhandene Protoplasma hat sich mit sammt

den Kernen in Folge von Schrumpfung etwas von dieser zurückgezogen.

Fig. 23. Das Ektoblast bildet jetzt bereits eine mantelartige Hülle. Zwischen der inneren und der äusseren Lamelle derselben beginnt sich körniges Protoplasma anzuhäufen. Die Kerne der Ektoblastzellen haben sich stark vermehrt. Zwischen Ektoblast und Entoblast ist bereits ein Spalt sichtbar.

Fig. 24 u. 25. Zwei frisch untersuchte Embryonen. Die Lamellen des Mantels sind weiter auseinandergerückt. Die Häkchen treten auf.

Fig. 26. Der Embryo ist birnförmig geworden. Die Ansammlung der körnigen, protoplasmatischen Masse zwischen den Mantellamellen ist bereits eine sehr bedeutende. In Folge von Schrumpfung ist der Spalt zwischen Embryo und Mantel beträchtlich vergrössert worden.

Fig. 27. Die äussere Mantellamelle beginnt sich in Falten zu legen. Die Kerne der Hüllmembran sind zum Theil rückgebildet.

Fig. 28. Durch die geplatzte Schaale ist der Embryo theilweise herausgetreten, und der im Freien befindliche Abschnitt des Mantels hat sich kugelförmig aufgebläht.

Fig. 29—38. Bothriocephalus latus.

Fig. 29 u. 30. Frisch untersuchte Eier.

Fig. 29. Ein ziemlich frühes Stadium. Die Dotterzellen sind noch völlig intakt.

Fig. 30. Der Embryonalzellenhaufen hat an Umfang zugenommen. Von den Dotterzellen sind die meisten bereits zerfallen. An der Peripherie des Eiinhaltes macht sich die Hüllmembran bemerkbar.

Fig. 31. Osmiumsäurepräparat. Die grossen Dotterzellen sind noch völlig unversehrt. Von den 4 Embryonalzellen beginnt die eine (*ec*), die erste Ektoblastzelle, die drei übrigen, das Entoblast, zu umwachsen. An der Oberfläche des Dotters sind vier zur Hüllmembran gehörige Zellen sichtbar (*hmz*).

Fig. 32. Die Epibolie der Ektoblastzellen ist beendet. Der Nahrungsdotter, dessen Zellen noch zum grössten Theil intakt sind, ist noch sehr mächtig. Die Hüllmembran ist wegen Schrumpfung des übrigen Eiinhaltes sehr deutlich sichtbar.

Fig. 33. Der junge Embryo ist zum Ei herausgepresst. In der Schaale sind nur einige Dotterzellen und die Hüllmembran zurückgeblieben.

Fig. 34. Ebenso wie vorige Figur, nur dass der Embryo etwas älter ist. Auf dem aus den Ektoblastzellen entstandenen Mantel zeigen sich bereits kurze Flimmerhaare.

Fig. 35. Ein zum Ausschlüpfen reifer Embryo (frisch). Das Dottermaterial ist bis auf wenige Ueberreste aufgebraucht. Dagegen hat sich zwischen den beiden Lamellen des Mantels eine Menge von grobkörnigem Protoplasma angehäuft.

Fig. 36, 37 u. 38. Aus dem Ei herausgepresste Embryonen bei stärkerer Vergrösserung. Sie zeigen die allmähliche Umwandlung der Ektoblastzellen in den Wimpermantel. Letzterer ist beim Herausdrücken eingerissen und hat sich dadurch etwas von dem Entoblast losgelöst.

Tafel VIII.

Fig. 1—6. Bothriocephalus latus.

Fig. 1. Eine Larve, welche vor nicht langer Zeit ausgeschlüpft ist. (Frisch).

Fig. 2. Eine etwas ältere Larve. Die beiden Lamellen des Mantels sind weiter auseinandergewichen. Zwischen ihnen spannen sich feine Protoplasmafädchen aus. (Frisch).

Fig. 2a. Ein Theil des Mantels bei oberflächlicher Einstellung betrachtet.

Fig. 3. Osmiumsäurepräparat durch Nelkenöl aufgehellt. Die Protoplasmastränge zwischen den beiden Mantellamellen treten sehr deutlich hervor. An ihnen sind einzelne Kerne suspendirt. Die nur an sehr wenigen Stellen mit dem Mantel zusammenhängende Larve ist in ihrem Centrum aus grossen, an der Peripherie aus kleinen Zellen zusammengesetzt.

Fig. 3a. Einige durch Maceration einer Larve isolirte Zellen mit feinen Ausläufern. (Immers. K. Ocul. 3).

Fig. 4. Eine Larve, an der die äussere Mantellamelle gerissen ist, sodass das Thier, nur von der innern umhüllt, zum grössten Theil aus ihr herausgeschlüpft ist. (Frisch).

Fig. 5. Beide Mantellamellen sind gerissen, sodass das Thier aus beiden herausgeschlüpft ist.

Fig. 6. Die äussere Mantellamelle ist bereits geplatzt, als der Embryo sich noch im Ei befand, und hat sich zu einer unförmlichen Masse zusammengeballt.

Fig. 7—19. Triänophorus nodulosus.

Fig. 7. Ein ausnahmsweise sehr klares Ei. In der Masse des Dotters, welcher noch eine Menge von Kernen aufweist, sind an dem

einen Pol zwei kleine Zellen sichtbar, welche offenbar zur Hüllmembran gehören. An dem runden Haufen der Embryonalzellen machen sich einige wenige flache Ektoblastzellen bemerkbar.

Fig. 8. Ein fast reifer Embryo.

Fig. 9. Eine Larve im Augenblick des Ausschlüpfens.

Fig. 10. Eine Larve kurz vor dem Ausschlüpfen. (Frisch).

Fig. 11—13. Eben ausgeschlüpfte Larven mit noch völlig wurmförmiger Gestalt.

Fig. 14. Die Larve beginnt sich etwas mehr der Kugelgestalt zu nähern. Der Mantel liegt der Larve noch immer sehr fest an. (Frisch).

Fig. 15. Eine Larve nach längerem Aufenthalt im Wasser. Der Mantel hat sich etwas mehr aufgebläht. Die äussere Lamelle hängt am vordern Theil der Larve enger mit der innern zusammen und ist dadurch trichterförmig eingesenkt.

Fig. 16. Der Mantel hat sich weiter aufgebläht, und zwischen seinen beiden Lamellen spannen sich eine Menge Protoplasmafädchen aus. An dem vordern Theile ist der Zusammenhang durch einen etwas stärkeren Strang hergestellt. Die eigentliche Larve hängt nur noch durch einige feine Fädchen mit dem Mantel zusammen; sie wird im Centrum aus grossen, an der Peripherie aus kleineren Zellen gebildet.

Fig. 17. Der Mantel hat sich ausserordentlich stark aufgebläht, — und zwar hat sich hieran nicht nur die äussere, sondern auch die innere Lamelle betheiligt —, sodass die Flimmerhaare, welche kaum noch funktioniren, ziemlich weit auseinanderstehen. Das wenige im Mantel noch enthaltene Protoplasma hat sich zusammen mit den Kernen an einzelnen Stellen aufgehäuft.

Fig. 18. An der Aufblähung des Mantels hat sich die innere Lamelle gleichfalls sehr stark betheiligt. Die Cutikula der eigentlichen Larve zeigt kleine Fältchen.

Fig. 19. An der eigentlichen Larve hat sich die Cutikula blasenförmig abgehoben.

Fig. 20. Ligula. (Frisch). Die äussere Mantellamelle ist geplatzt; die aus ihr herausgequollene Larve ist nur noch von der innern umhüllt.

Tafel IX.

Fig. 1—7. Ligula.

Fig. 1. Ein ziemlich junges Stadium. Die Körnchen in den Dotterzellen sind nicht gleichmässig vertheilt, sondern an einzelnen

Stellen derselben stärker angehäuft. An den Embryonalzellen lassen sich zwei flache Ektoblastzellen unterscheiden. (Frisch).

Fig. 2. Eine reife Larve im Ei. (Frisch). Innerhalb des Mantels liegen die groben Protoplasmakörner mehr an der innern Lamelle angehäuft, sodass dadurch an der äussern ein heller Saum entsteht.

Fig. 3 u. 4. Osmiumsäurepräparate. Stärkere Vergrösserung.

Fig. 3. An der Hüllmembran sind längliche Kerne zu sehen. Die Larve besteht aus grossen, im Centrum befindlichen Kernen und kleinern, an der Peripherie gelegenen. In dem Theil der Larve, in dem die Haken liegen, befinden sich nur wenige Kerne.

Fig. 4. An die Haken setzen sich Muskelzellen an.

Fig. 5. Ausgeschlüpfte Larve. (Frisch).

Fig. 6. Im Mantel sind einige Kerne bemerkbar.

Fig. 7. In Nelkenöl aufgehelltes Präparat, wodurch das Netzwerk zwischen den beiden Lamellen deutlicher geworden ist. Einige Kerne sind an den Fädchen suspendirt.

Fig. 8—10. Schistocephalus.

Fig. 8. Die Zellen der Hüllmembran sind sehr gross und deutlich. An dem Embryonalzellenhaufen wölben sich die Ektoblastzellen nach innen vor.

Fig. 9. Ein zum Ausschlüpfen reifer Embryo. Der Mantel liegt dem Embryo sehr fest an.

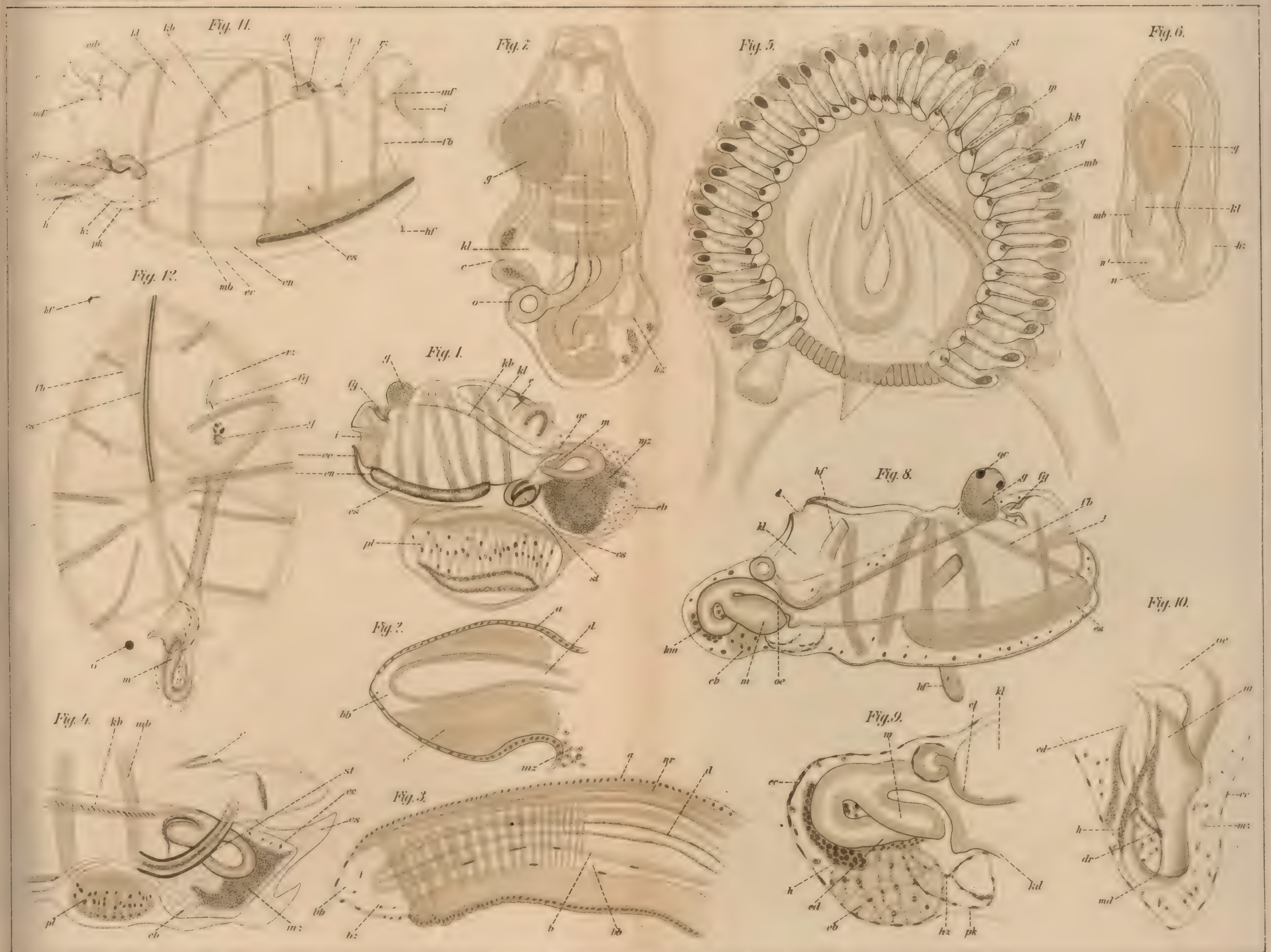
Fig. 10. Eine Larve nach längerem Aufenthalt im Wasser. Die Zusammensetzung der Larve aus grossen und kleineren Zellen ist sehr deutlich.

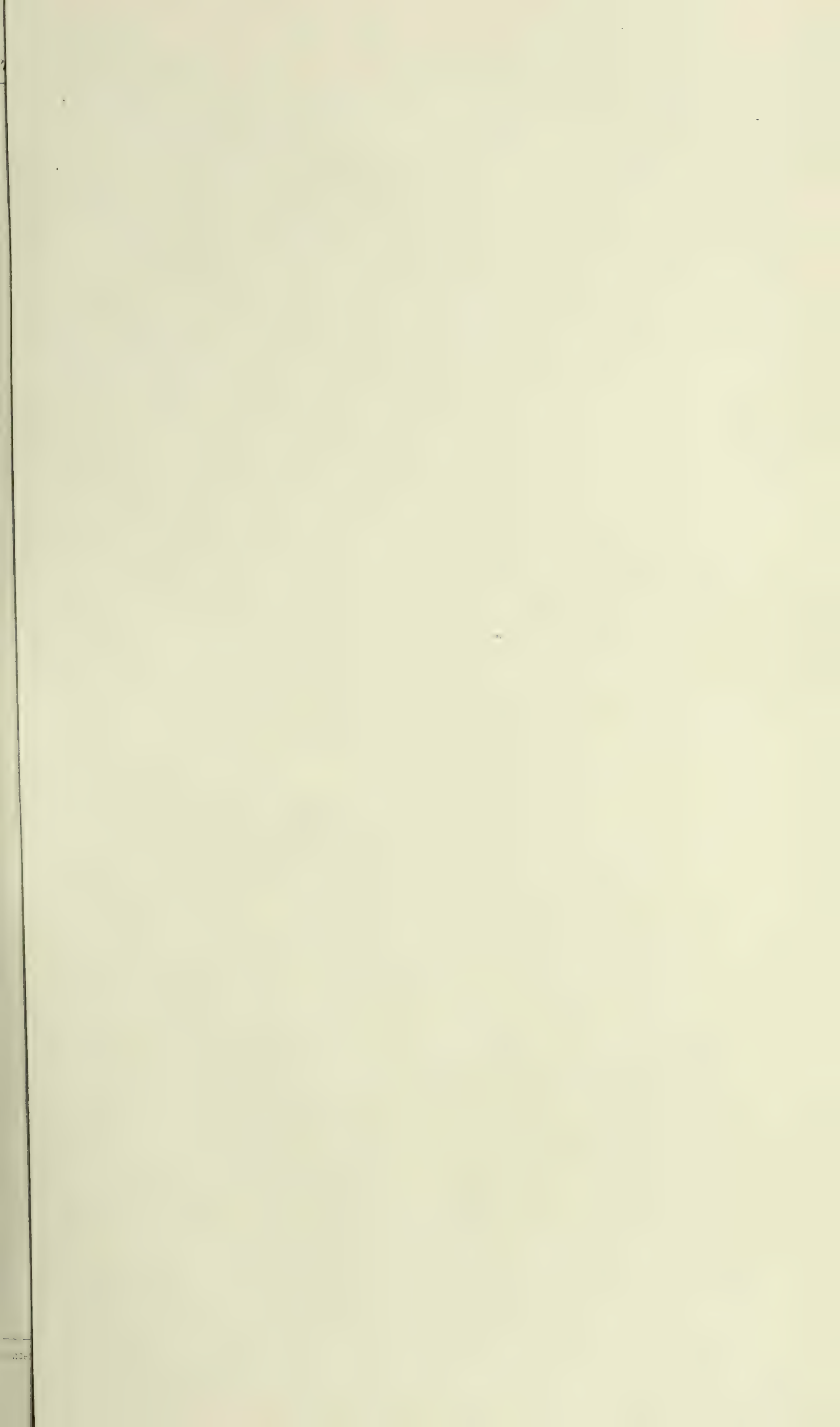
Fig. 11. Larve eines Bothriocephalen aus Podiceps cristatus. Zwischen den beiden Mantellamellen ist ein sehr regelmässiges und zierliches Netzwerk von Protoplasmafädchen ausgespannt.

Fig. 11a. Ein Theil des Mantels von der vorigen Larve von der Fläche aus betrachtet.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena.




Fig. 11.
Fig. 7.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 12.
Fig. 1.
Fig. 8.
Fig. 2.
Fig. 10.
Fig. 4.
Fig. 9.
Fig. 3.



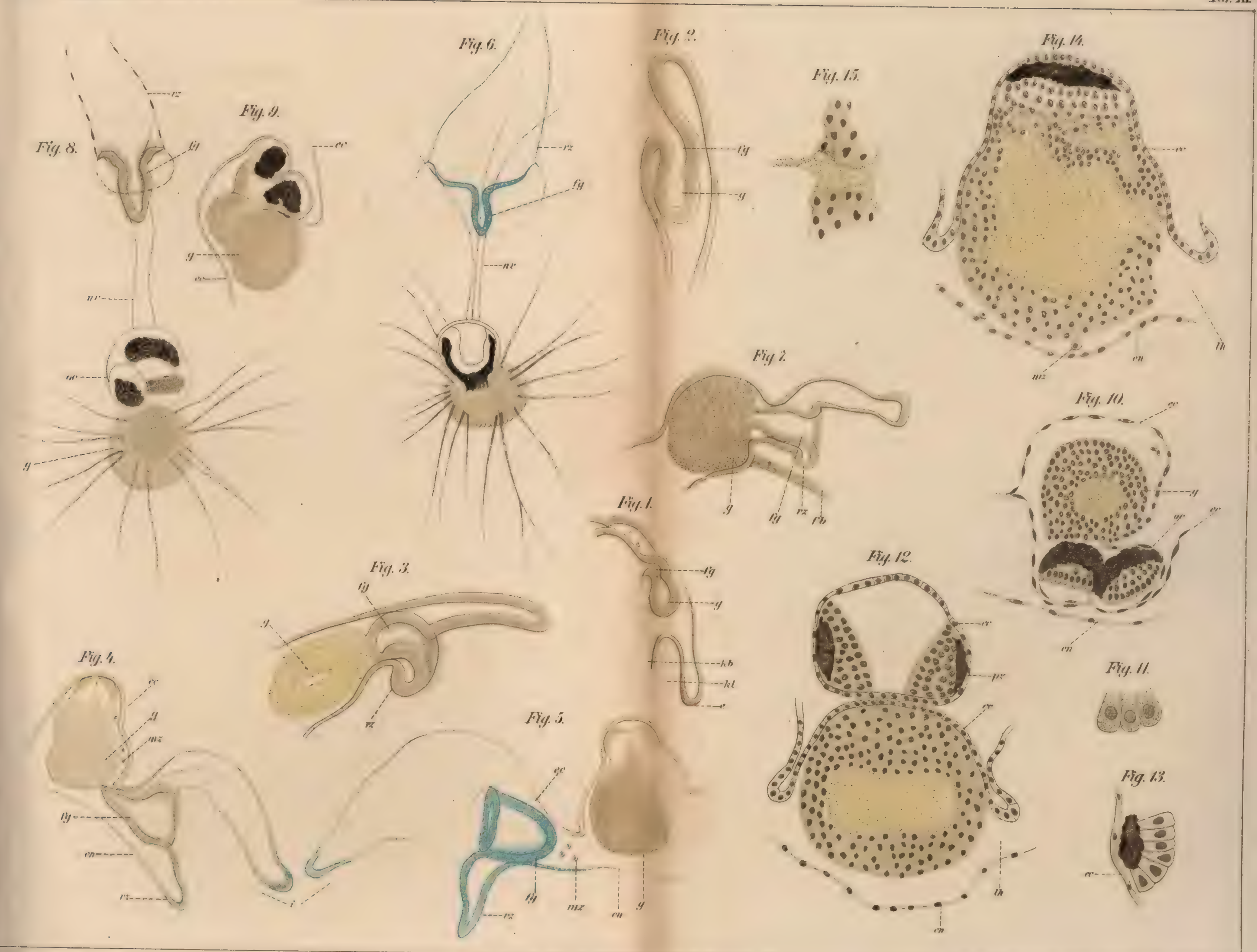
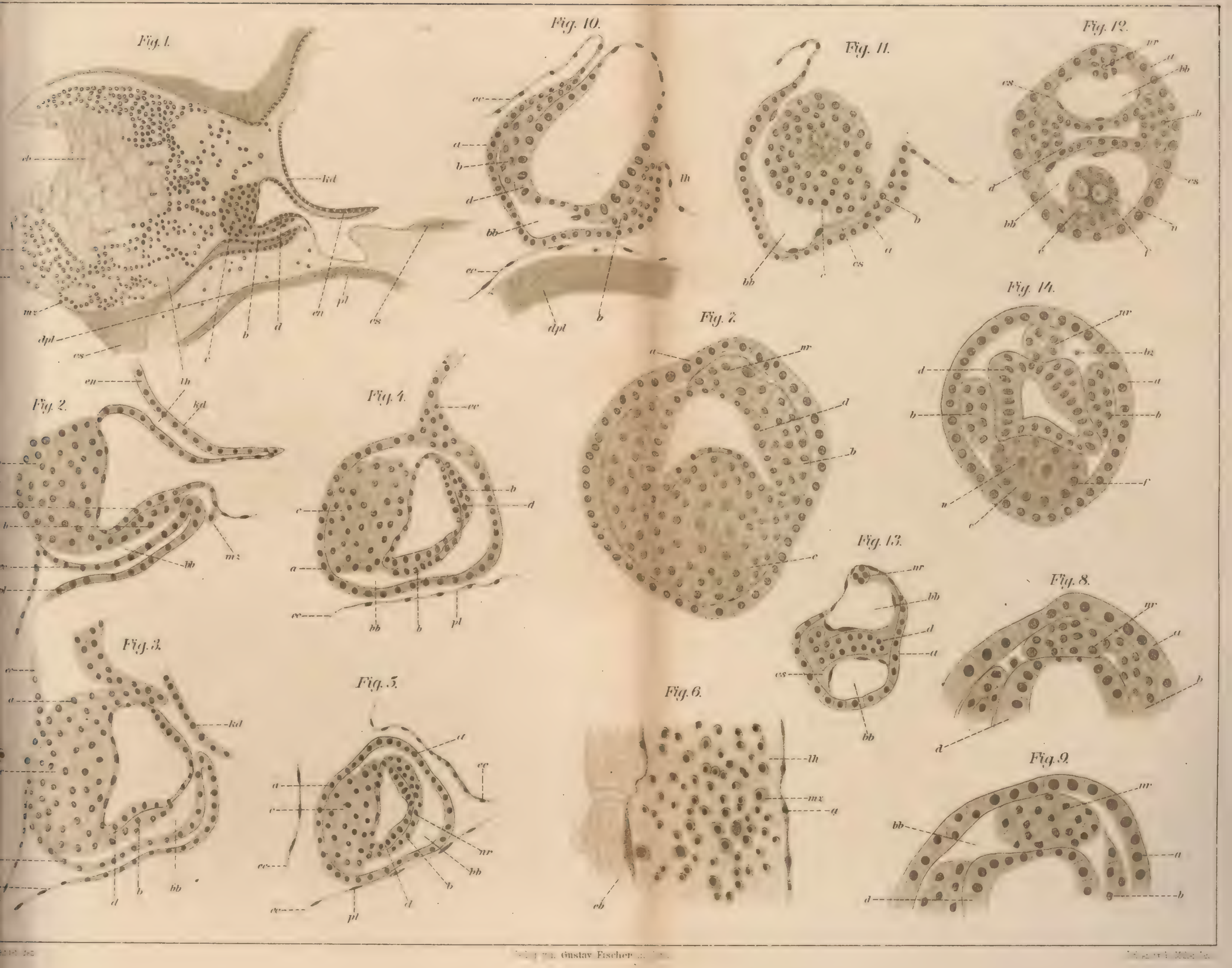


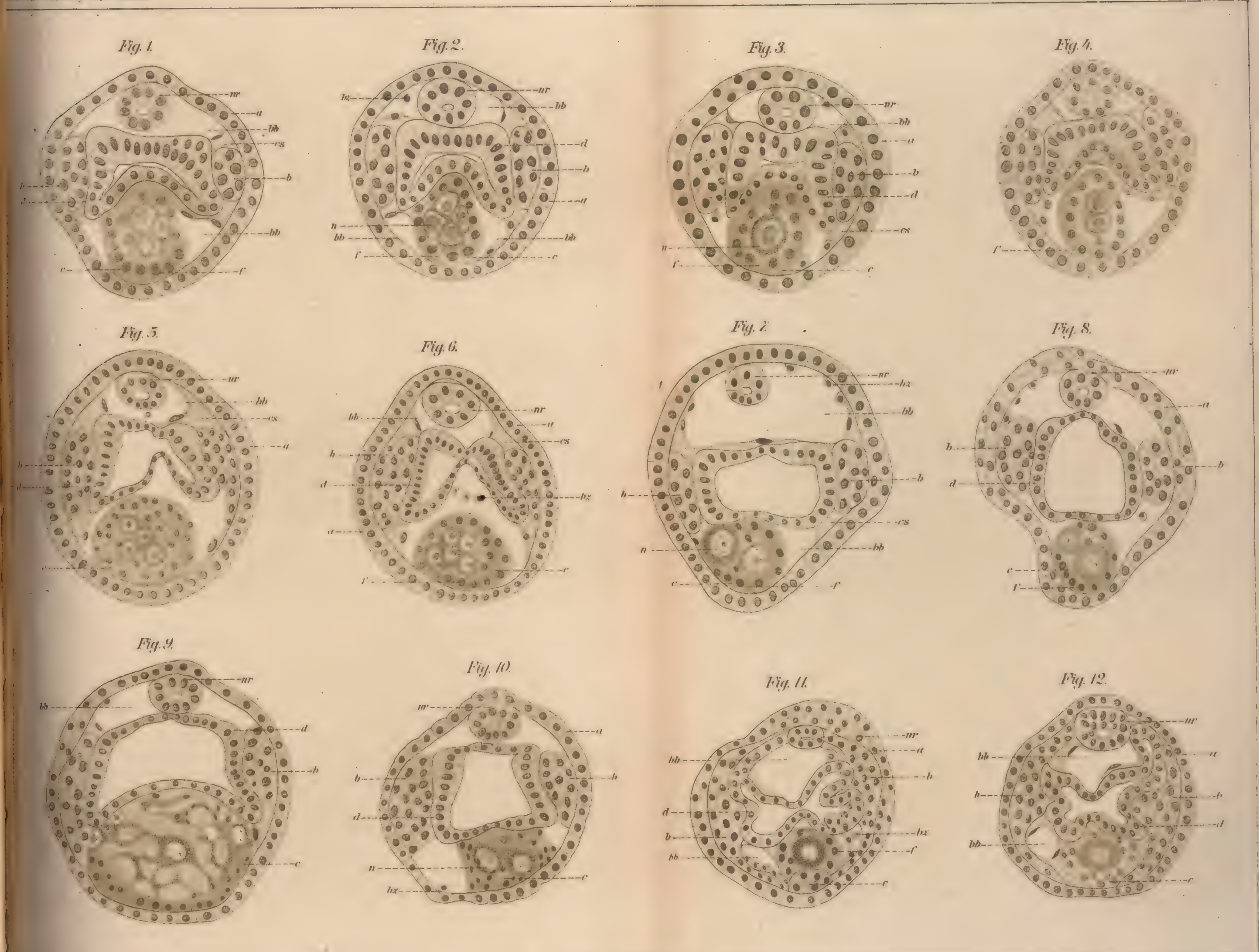
Fig. 1.
fg
g
kb
kl
e
Fig. 2.
fg
g
Fig. 3.
fg
g
rz
Fig. 4.
ec
g
mz
fg
en
rz
i
Fig. 5.
ec
fg
mz
en
g
rz
Fig. 6.
rz
fg
nv
Fig. 7.
g
fg
rz
fb
Fig. 8.
rz
fg
nv
oc
g
Fig. 9.
ec
g
Fig. 10.
ec
g
oc
en
Fig. 11.
Fig. 12.
cr
pr
th
en
Fig. 13.
Fig. 14.
cr
mz
en
th
Fig. 15.





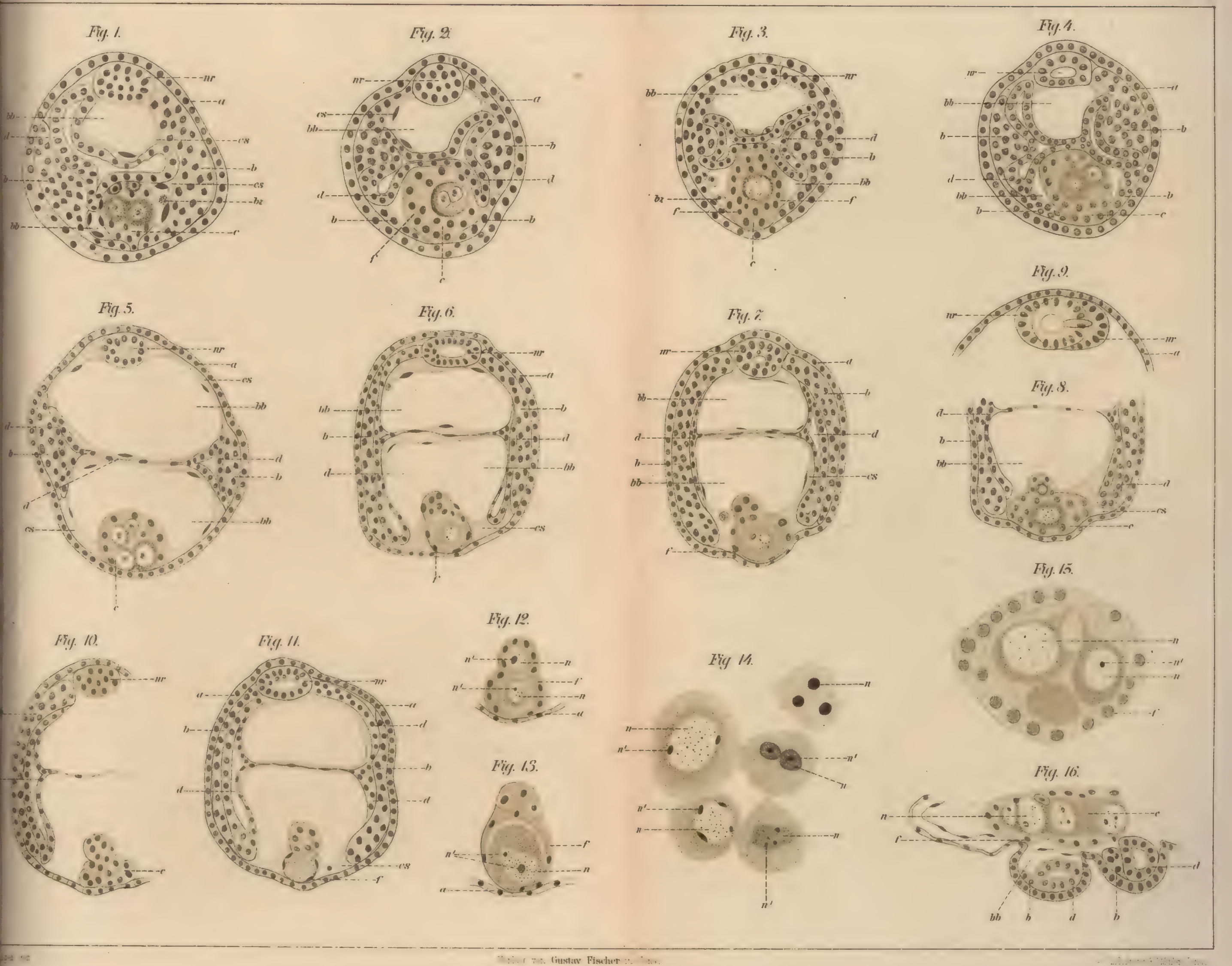
Verlag von Gustav Fischer in Jena.

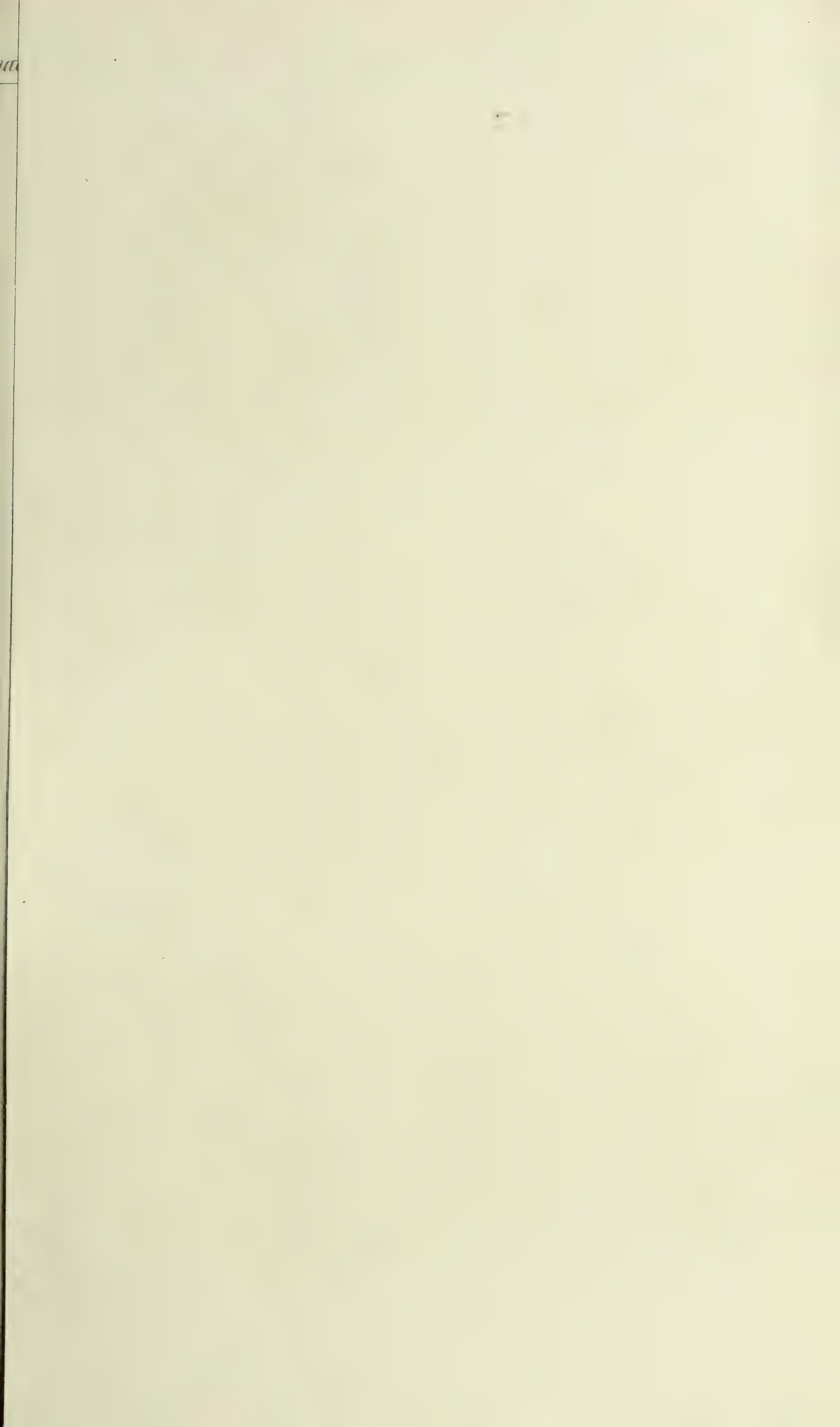
che Z

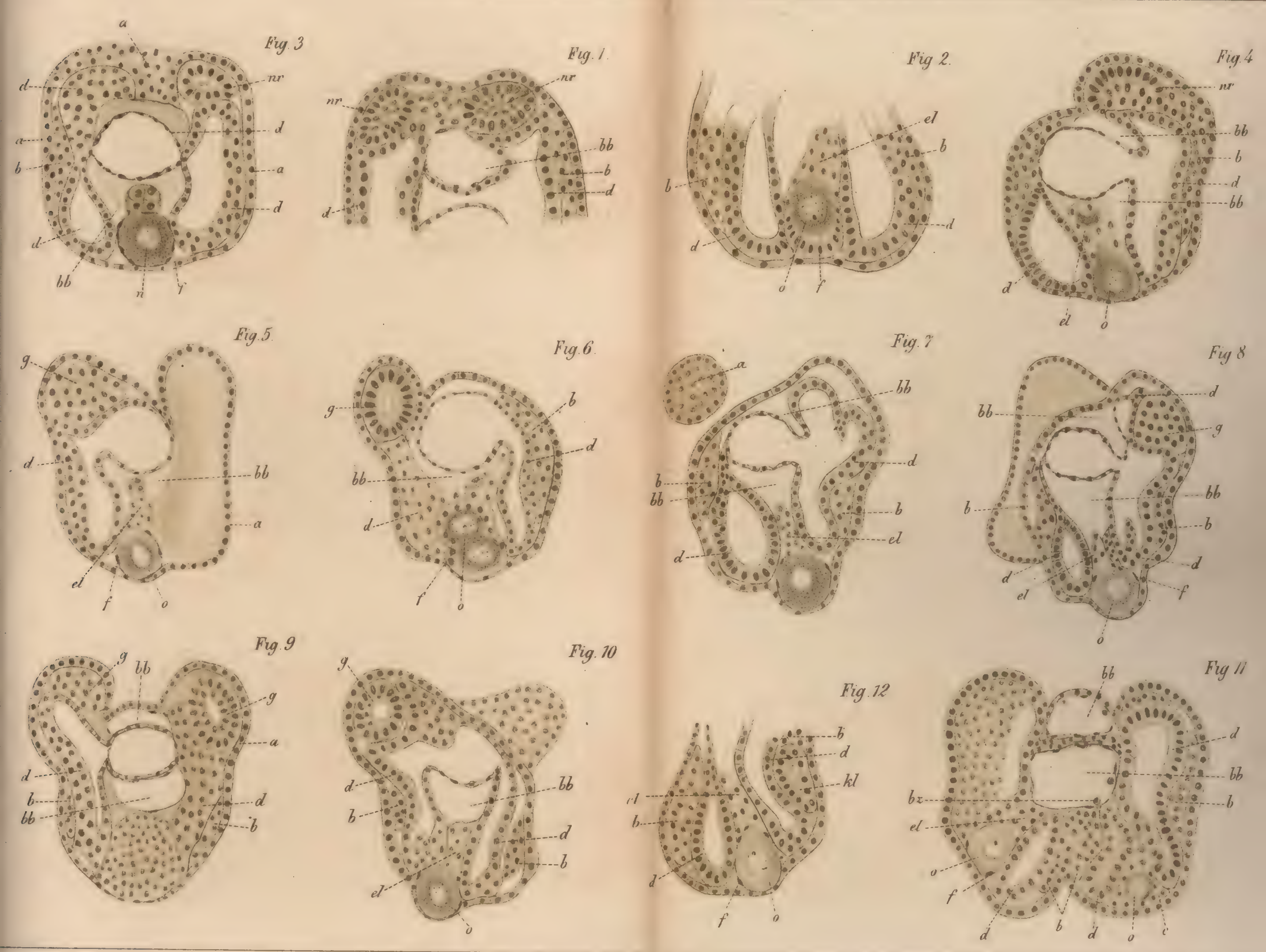


Gustav Fischer

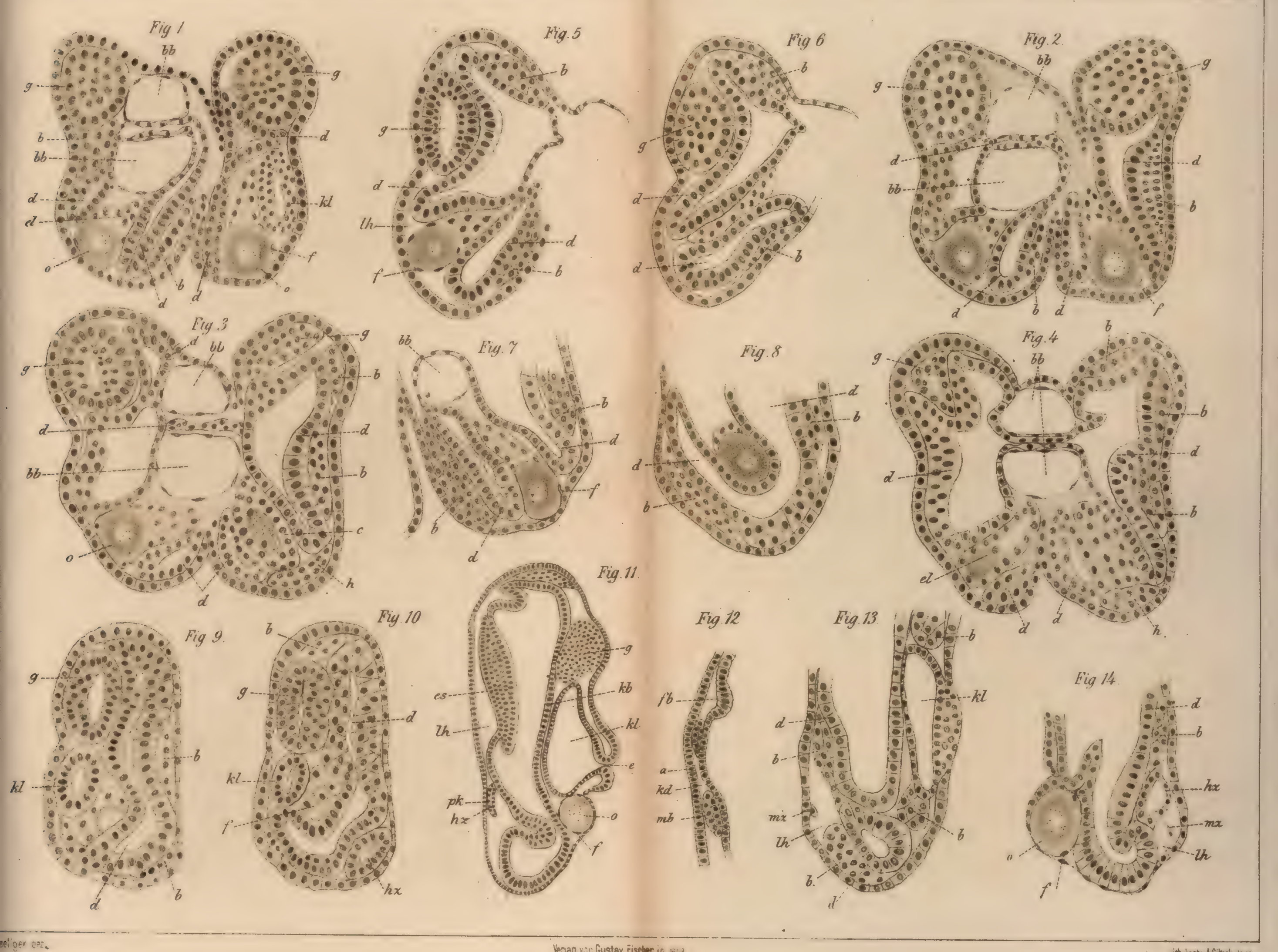


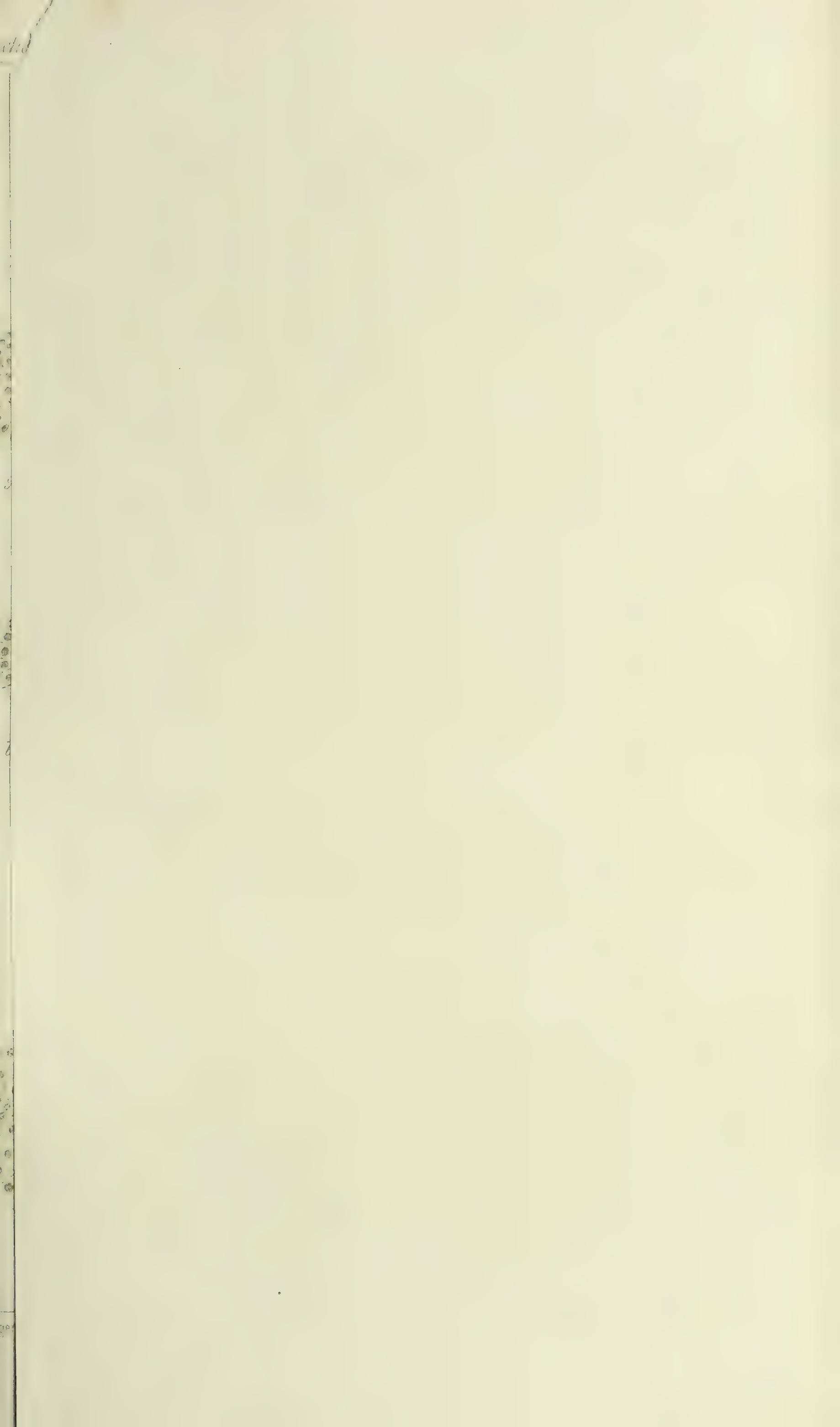

Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Gustav Fischer

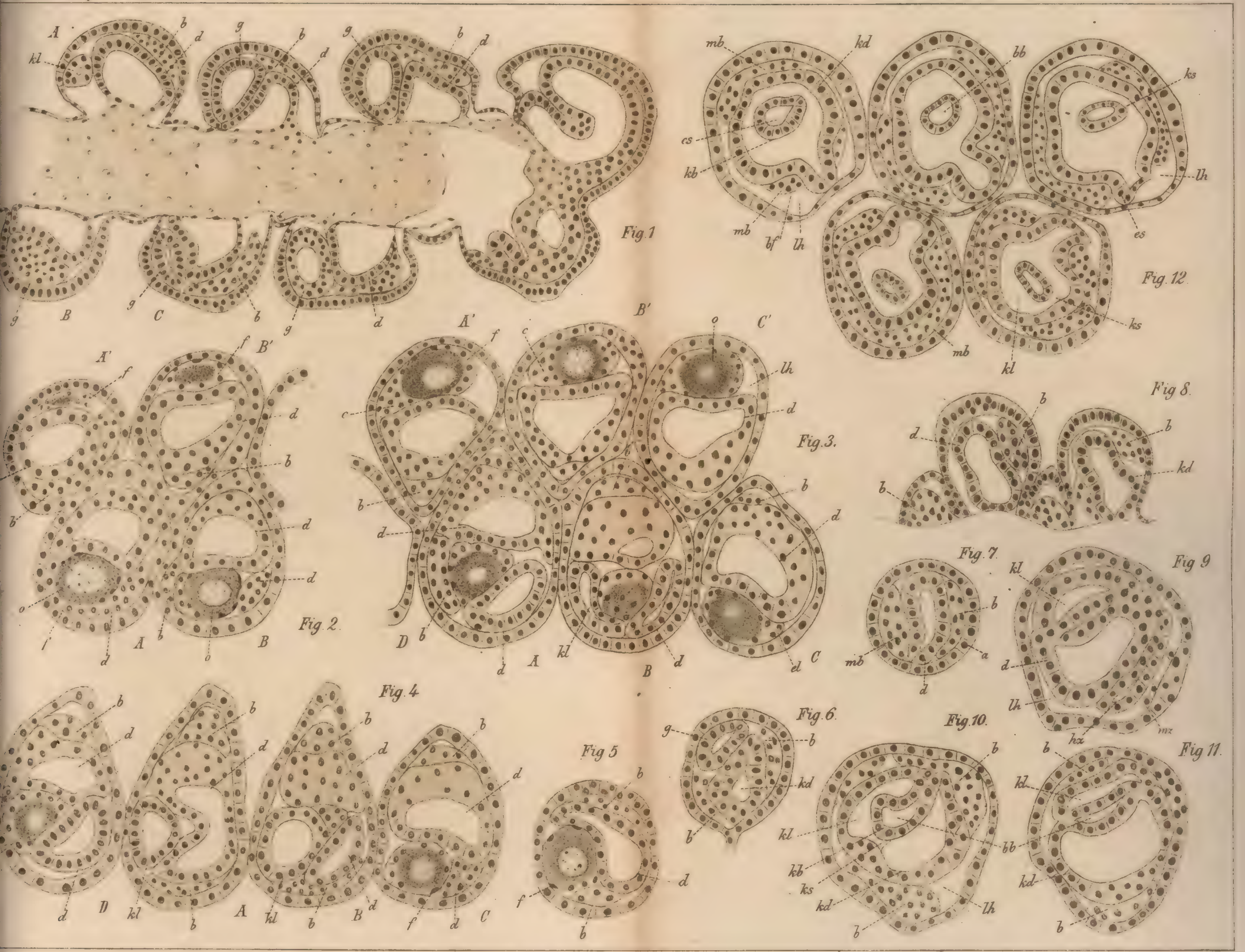



Fig. 3
a
d
nr
d
a
b
a
d
d
bb
n
f
Fig. 1.
nr
nr
bb
b
d
d
Fig. 2.
el
b
b
d
d
o
f
Fig. 4
nr
bb
b
d
bb
d
el
o
Fig. 5.
g
d
bb
a
el
f
o
Fig. 6.
g
b
d
bb
d
f
o
Fig. 7
a
bb
d
b
bb
b
el
d
Fig. 8
d
bb
g
bb
b
b
d
d
el
f
o
Fig. 9
g
bb
g
a
d
b
bb
d
b
Fig. 10
g
d
bb
b
d
b
el
o
Fig. 12
b
d
kl
el
b
d
f
o
Fig. 11
bb
d
bb
bz
b
el
o
f
d
b
d
o
c




Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14



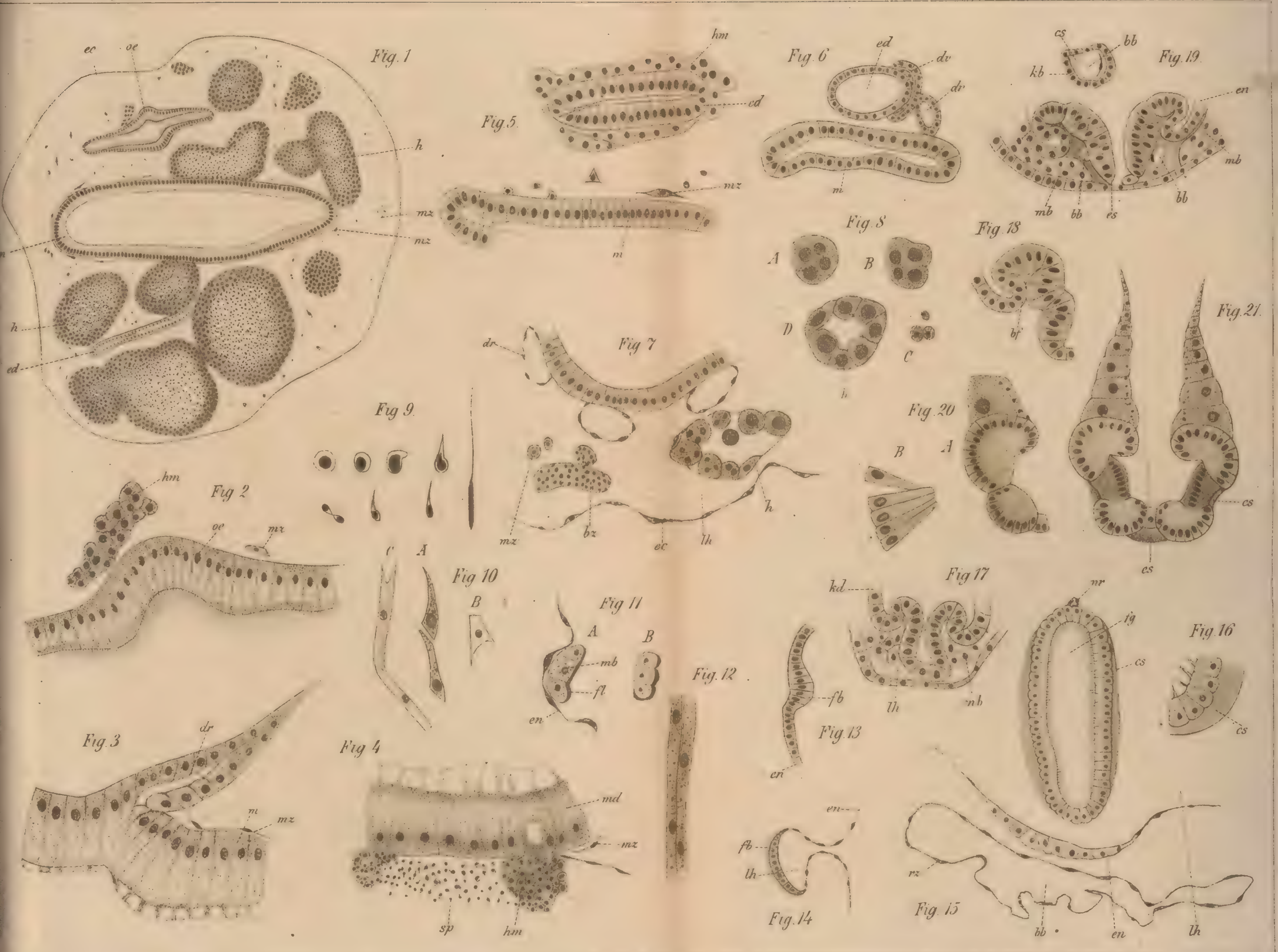


...ger gez. Verlag von Gustav Fischer in Jena. Lith Anst. A. Giltsch Jena.




Fig 1
m
ec
dr
lh
ed
cb
Fig 2
mz
m
ed
eb
Fig 3
oe
m
lh
dr
h
ed
eb
Fig 4
o
f
oe
h
m
dr
hz
eb
Fig 5
f
el
h
ed
oe
pk
hz
Fig 16
kb
mb
lh
mz
Fig 17
g
mb
kd
bf
es
Fig 18
px
g
fb
hf
mb
bf
es
Fig 7
fg
ec
mb
kd
Fig 6
f
el
kd
oe
ed
cb
hz
lh
Fig 8
fg
g
kd
Fig 9
g
ec
kd
Fig. 15
kb
bb
dr
es
md
ec
dr
m
Fig. 14.
Fig. 13
mb
kd
bb
ed
h
dr
Fig. 12.
kd
ed
el
eb
oe
lh
m
h
md
Fig. 11
eb
m
h
Fig 10.
mb
kb
bf
es





O. Seeliger gez. Verlag von Gustav Fischer in Jena. Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Die Knospung der Salpen.

Von

Oswald Seeliger.

(Hierzu Tafel X—XIX.)

I. Geschichtlicher Überblick.

Schon den ältesten Beobachtern der Salpen ist der Stolo prolifer, der in seiner ausgebildeten Form als ein mächtiges Gebilde selbst dem unbewaffneten Auge erkennbar ist, bemerkt worden. Freilich bedurfte es einer langen Zeit, bis die wahre Bedeutung dieses Organes für die ungeschlechtliche Fortpflanzung erkannt wurde, und gleichwohl namhafte Forscher den Keimstock untersucht haben, sind wir doch immer noch über die wichtigsten Vorgänge, welche sich bei der Knospenbildung abspielen, im Unklaren.

Forskal[1]), der das Genus der Salpen aufstellte, ohne davon Kenntniss zu nehmen, dass vor ihm schon Brown mehrere Salpen als „Thalia" beschrieben hatte, sah bereits bei einigen Formen den Stolo prolifer. Die leider sehr ungenügenden Abbildungen von Salpa democratica (Taf. 36 Fig. *G* 2) und Salpa fasciata (Fig. *B* 4), einer, wie es scheint, bis jetzt nicht wiedergefundenen Art, lassen Gebilde erkennen, die wohl nur als Keimstöcke gedeutet werden können. Bei ersterer beschreibt er den Stolo, den er nur in einigen Exemplaren fand, als „Circulus multi-radiatus, pallide caeruleus" (p. 113), und für Salpa fasciata gibt er an „Supra illum (nucleum) quasi Intestinum parvum, filiforme, transverse-striatum; primo curvatum, dein apice incurvum magis, longitudine unguis" (p. 115).

Cuvier[2]) war der erste, der, gestützt auf die Mittheilungen Peron's, die Bedeutung des Stolo für die Fortpflanzung erkannt hat. Er hielt aber das Organ der ungeschlechtlichen Vermehrung

---

[1]) Forskal, „Descriptiones animalium, quae in itinere orientali observavit." Hauniae 1775.

[2]) Cuvier, „Mémoire sur les Thalides (Thalia Brown) et sur les Biphores (Salpa Forskal)." Ann. d. Mus. nat. d'hist. natur. T. IV. 1804.

für einen Eierstrang und erwähnte es als eine Eigenthümlichkeit, dass die aus ihm hervorgehenden jungen Thiere auch nach ihrer Geburt noch längere Zeit mit einander zu Ketten vereinigt bleiben. Auch bei den Kettensalpen, die fast ausnahmslos nur Ein Ei besitzen, glaubte CUVIER an das Vorhandensein eines Eierstranges und beschreibt denn auch als einen solchen bei Salpa pinnata eine Anhäufung von Mesodermzellen an den seitlichen Wänden der Athemhöhle. Carl VOGT hat später das nämliche Gebilde als Seitenorgan (organ latéral) bezeichnet.

Einen weiteren Schritt zu einem richtigen Verständniss des Salpenstolo that CHAMISSO[1]). Er wies nach, dass aus dem vermeintlichen Eierstocke der solitären Form eine Kettengeneration hervorgeht, welche der Muttergeneration unähnlich ist. Freilich glaubte CHAMISSO, indem er sich auf CUVIER's Autorität stützte, dass die Kettenformen aus Eiern sich bilden, und so blieb er bei dem Dimorphismus der Generationen stehen, ohne das wesentliche Moment des Generationswechsels erkannt zu haben, das in einem Wechsel der Fortpflanzungsweise besteht. Seine Auffassung des Entwicklungscyklus der Salpen gibt am besten folgende Stelle wieder, die ich wörtlich anführen will: „Animalia multa ex eadem classe ova pariunt concatenata et animal prorsus simile parenti, singulum ex quoque ovo, prodit. Salparum autem proles solitaria, vice ovorum, animantia concatenata parit, et Salpa solitaria primae similis parenti, ex illis tandem, ut ex ovo ex singulo singula excluditur. Ita ut quodammodo dicere possis, prolem solitariam esse animal et prolem gregatam ova solummodo congregata et viva." (p. 2—3). So versuchte er für diese so eigenthümlichen Verhältnisse ein Verständniss zu gewinnen, indem er auf die Metamorphose der Insekten und Amphibien hinwies, in welchen er ähnliche Erscheinungen zu erkennen glaubte.

Es bleibt das unbestreitbare Verdienst ESCHRICHT's[2]), zuerst den Salpenstolo mikroskopisch eingehender untersucht und sehr wichtige Verhältnisse aufgedeckt zu haben. In der Anatomie des Stolo war dieser Forscher, trotzdem ihm nur wenige in Alkohol konservirte Exemplare zur Verfügung standen, weiter gekommen als manche seiner Nachfolger. Ihm war es bereits bekannt, was

[1]) CHAMISSO, „De animalibus quibusdam e classe vermium Linneana in circumnavigatione terrae observatis". Berolini 1819.

[2]) ESCHRICHT, „Anatomisk-physiologiske Undersögelser over Salperne." Schr. d. königl. dän. Ges. d. Wiss. nath. u. math. Abh. VIII. 1841. Deutscher Auszug in Isis von Oken. 1842 p. 467.

diese später noch übersahen, dass die innere Höhle des Stolo mit den Athemhöhlen der jungen Knospenthiere kommunizirt. Hätte Salensky diese Öffnungen an seinen Präparaten auffinden können, so wäre er vielleicht nicht in den Irrthum verfallen, die Athemhöhle und den Darmtraktus der Knospen aus dem ursprünglichen Eierstrange des Stolo abzuleiten.

Es ist höchst bemerkenswerth, dass Eschricht, der durch seine ausgezeichnete Untersuchung eigentlich erst die ungeschlechtliche Fortpflanzung bei den Salpen bewiesen und dadurch der Theorie vom Generationswechsel die Basis geschaffen hat, dennoch zu dieser sich in schroffen Gegensatz stellt. Ausdrücklich sagt er: „die Bedeutung dieser Kette ist weder die einer Kette von Eierkapseln, noch die eines Eierstockes, einer Gebärmutter, eines Keimsackes oder eines Keimstockes. Sie ist eine eigene Form, die wohl am zweckmässigsten Keimröhre genannt werden kann.“ War er nun hierin, in der rein morphologischen Untersuchung des Stolo prolifer, weiter gekommen als Chamisso, so gelang es ihm andrerseits nicht, sich davon zu überzeugen, dass diese beiden verschiedenen Fortpflanzungsarten auf verschiedene Individuen streng vertheilt seien, weil ihm kein lebendes Material zur Verfügung stand, an welchem diese Beobachtungen leicht zu machen sind. So meint er, „dass überhaupt alle jungen Salpen einfache, die alten Salpen zusammengesetzte Brut gebären“, dass also geschlechtliche und ungeschlechtliche Vermehrung in verschiedenen Lebenszeiten ein und desselben Individuums auftreten. Er glaubt aber, dass die Kettenthiere nicht ihr ganzes Leben hindurch verbunden bleiben, sondern dass sie sich später loslösen und nach unbedeutenden Veränderungen, die er nicht einmal als Metamorphose gelten lassen will, zu den Solitärformen sich umbilden, welche Keimstöcke produziren.

Eine ganze Reihe von Widernatürlichkeiten, zu welchen eine derartige Auffassungsweise des Entwicklungscyklus der Salpen führt, hat bald darauf Steenstrup [1]) zu einer scharfen Kritik von Eschricht's Ansichten Veranlassung gegeben, in welcher er nachweist, dass die von Eschricht selbst geschaffene empirische Grundlage zu der alten, von Chamisso bereits aufgestellten Theorie eines Wechsels der Generationen bei den Salpen zurückführe. Die grundlegenden Ansichten, welche Steenstrup in seinem Werke über den Entwicklungscyklus darlegt, sind zu bekannt, als dass

[1]) Steenstrup, „Über den Generationswechsel.“ Kopenhagen 1842.

ich hier weiter ihrer erwähnen müsste. ESCHRICHT's Beobachtungen an Salpen über die von der geschlechtlichen Vermehrungsart vollständig verschiedene durch die „Keimröhre“ hat STEENSTRUP mit CHAMISSO's Entdeckung zu verbinden gewusst. Und indem er die ungeschlechtliche Fortpflanzung durch den Stolo als ein „Aufammen“ bezeichnet und zur Entwicklung durch Eier in Gegensatz bringt, legt er zugleich einen Nachdruck auf das Wie der Entstehung der Generationen.

KROHN [1]) hat STEENSTRUP's Hypothese durch die Beobachtung bestätigt und nachgewiesen, dass sowohl CHAMISSO's Mittheilungen von der Aufeinanderfolge dimorpher Generationen als auch ESCHRICHT's Angabe von einer von der Eibildung vollständig verschiedenen Vermehrungsart zutreffend sind. Es gelang ihm festzustellen, dass die dimorphen Generationen abwechselnd durch geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung entstehen, und er hat somit zuerst einen wahren Generationswechsel bei den Salpen nachgewiesen. Was seine Mittheilungen über den morphologischen Vorgang der Knospenbildung und die Entwicklung der Organe in den Kettensalpen anlangt, so sind dieselben nur dürftig. In Bezug auf die Bildung des Keimstockes selbst und die Entstehung der jungen Thiere an demselben beruft er sich auf ESCHRICHT, dessen Angaben für unsere heutigen Ansprüche lange nicht mehr genügen. KROHN fand die junge Stoloanlage bereits beim Embryo auf und erkannte in dem Auftreten der Querfurchen am Stolo den Beginn zur Bildung der Individuen. Die Anordnung derselben und die allmählige Lageveränderung im weiteren Verlaufe der Ausbildung bei den verschiedenen Spezies hat er eingehend beschrieben.

Im Beginne der 50er Jahre wendete sich das allgemeine Interesse der Zoologen der Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Salpen zu, und es liegt aus dieser Zeit eine verhältnissmässig bedeutende Literatur vor. Die ausführlichsten, sich allerdings vielfach widersprechenden Mittheilungen über die Knospenbildung machten HUXLEY [2]), LEUCKART [3]) und VOGT [4]).

---

[1]) KROHN, „Observations sur la génération et le developpement des Biphores (Salpa)“. Ann. sc. nat. III. Sér. Zool. T. VI. 1846.

[2]) HUXLEY, „Observations upon the Anatomy and Physiologie of Salpa and Pyrosoma“. Phil. Trans. 1851. „On the Anatom. and Development of Pyrosoma“. Trans. Linn. Soc. 1860. XXIII.

[3]) LEUCKART, „Zoologische Untersuchungen 2. Heft. Salpa und Verwandte.“ Giessen 1854.

Huxley beschrieb den jungen Stolo als ein zweischichtiges Gebilde. Die äussere Schicht ist eine Fortsetzung des ektodermalen Hautepithels des Embryo, die innere eine Ausstülpung des Perikardiums. Am Stolo entstehen, wie bereits Eschricht erwähnt hatte, vier Reihen buckelförmiger Erhebungen, zwei auf jeder Seite; die beiden oberen Reihen stellen die Anlagen der Ganglien der einzelnen Individuen dar, die unteren Erhebungen zeigen die Lage des Nucleus an.

Die Gestaltsveränderungen und das Vorwachsen dieser Hervorragungen sind sehr schön von Leuckart beschrieben worden, nur hat er ihnen, wie ich glaube, eine zu selbstständige Individualität zugeschrieben, wenn er sie als „Knospen" bezeichnet. Das frühe Auftreten des Ganglions und der Kieme sowie des Eies hat Leuckart ebenfalls bereits bemerkt.

Die umfangreichste Publikation rührt von Vogt her; leider aber ist dieser Forscher in Bezug auf die Organogenie der Kettenthiere nicht weiter gekommen als seine Vorgänger. Die Mitte der jungen Knospe, wahrscheinlich also die Athemhöhle, lässt er mit dem Hohlraum des Stolo in Verbindung stehen, leugnet aber eine solche zwischen der Leibeshöhle der jungen Thiere und den Höhlungen des Stolo (p. 43).

Einen wesentlichen Fortschritt in der Kenntniss der Knospenentwicklung der Salpen verdanken wir Kowalevsky [1]), der zuerst, indem er Querschnitte anfertigte, den einzig möglichen Weg einschlug, auf dem dieser höchst verwickelte Prozess ergründet werden kann. Kowalevsky hat aber nur eine sehr kurze Mittheilung gegeben, die nicht einmal von erläuternden Figuren begleitet ist. Sobald sich der Embryo in die Placenta und in den eigentlichen Embryo getheilt hat, erscheint hinter dem Endostyl eine dem embryonalen Eierstocke dicht anliegende Ausstülpung, welche aus Ektoderm, dem Entodermrohre und einem Fortsatze des Eierstockes besteht, der sich sehr bald aushöhlt. Frühzeitig treten zwei Ausstülpungen der Kloake des Embryo hinzu, die er Kloakalröhren nennt und die jederseits zwischen Ektoderm und Entodermrohr des Stolo verlaufen. Dazu kommt ein Fortsatz des Mesoderms, der zum Nervenrohre des Stolo wird und dem Eierstocksrohre gegenüber zwischen den beiden Kloakalröhren liegt. (p. 412).

---

[4]) Ch. Vogt, „Recherches sur les anim. infer. de la Méditerranée. II. Mém. Tuniciers nageantes de la Mer de Nice." Genf 1854.

[1]) A. Kowalevsky, „Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Tunicaten." Nachrichten der königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen 1868 Nr. 19. p. 401.

Es fällt nicht schwer, aus dieser Beschreibung zu entnehmen, dass KOWALEVSKY Querschnitte durch Stolonen vor Augen gehabt hat, die den von mir auf Tafel XIII abgebildeten ungefähr gleichen. Seine beiden Kloakalröhren sind offenbar mit den in meinen Abbildungen mit *b* bezeichneten Seitensträngen identisch; sein Eierstocksrohr wird in dem mit *c* bezeichneten Zellstrange unschwer erkannt werden können. KOWALEVSKY's Angaben beschränken sich auf die Bildung des Stolo, und über die Entwicklung der Kettenindividuen an und aus demselben ist gar nichts erwähnt.

Kurz nacheinander erschienen um die Mitte des vorigen Jahrzehntes mehrere sehr wichtige Arbeiten über die Entwicklungsgeschichte der Salpen, die ich hier nur insoweit berücksichtigen kann, als sie die ungeschlechtliche Entwicklung durch Knospung betreffen.

TODARO [1]) hat die allerersten Bildungsstadien des Stolo prolifer bei Salpa pinnata verfolgt und seine Beschreibungen durch sehr schön ausgeführte Zeichnungen erläutert. Während KOWALEVSKY den Stolo aus sechs verschiedenen Fortsätzen des Embryo sich bilden lässt, kennt TODARO nur drei Gebilde: einen Fortsatz des Ektoderms, eine Ausstülpung der dicht hinter dem Endostyl gelegenen Athemhöhlenwand und zwischen diesen beiden eine sehr grosse Mesodermzelle, die sich rasch zu einem Zellhaufen (cumulo primitivo) theilt.

Dieser umwächst das innere Entodermrohr des Stolo und gliedert sich in vier Zellstränge, welche ebensoviele Reihen knospenförmiger Erhebungen hervorgehen lassen. Die buckelförmigen Knospen der oberen und unteren Reihe (bottoni blastodermici) verwandeln sich in je ein Kettenthier, während die seitlichen obliteriren, das Nährmaterial für diese und ausserdem die Stoloblasten liefern sollen. Die beiden Zellhaufen, aus welchen sich TODARO's bottoni blastodermici bilden, sind mit KOWALEVSKY's Kloakalröhren identisch, die beiden andern mit dem Eierstockstrang und Nervenrohr, und zwar dürfte das Gebilde, aus welchem sich nach TODARO der Stoloblast und die Blutzellen entwickeln, unser Nervenrohr darstellen.

Ich werde weiter unten noch Gelegenheit haben, auf TODARO's Angaben zurückzukommen und dieselben mit meinen Befunden zu vergleichen. Die Entstehung der Knospen am Stolo und die

---

[1]) F. TODARO, „Sopra lo sviluppo e l'anatomia delle Salpe". Roma 1875.

Entwicklung der einzelnen Organe aus den Gebilden des letzteren ist von ihm nur unvollständig beobachtet worden, und namentlich ist in seinen Abbildungen, wie schon SALENSKY mit Recht bemerkt hat, für die ersten Stadien die Lücke recht fühlbar, was aber darin seine genügende Erklärung findet, dass TODARO der erste war, der Querschnitte durch den Salpenstolo abbildete. So ist es denn auch erklärlich, dass TODARO, indem er sich, wie mir scheint, bei der Deutung seiner Präparate von seinen theoretischen Anschauungen allzusehr leiten liess, in einen Irrthum hineingerieth, der ihn das Wesen der Knospenbildung bei den Salpen verkennen liess. Wie bekannt, soll sich weder das Ektoderm noch das Entoderm des Stolo an der Bildung der Kettenthiere betheiligen, sondern es sollen diese nur aus dem mesodermalen Zellstrang hervorgehen, der aus der eingewanderten grossen Mesodermzelle des Embryo sich gebildet hat. Wird nun diese als Eizelle angesehen, so kann man natürlich behaupten, dass aus den einzelnen Furchungszellen dieser neue Individuen (die Kettenformen) geworden sind und wird so dazu gelangen, die Knospung bei den Salpen überhaupt zu eliminiren, wie denn TODARO die Kettensalpen als jüngere Geschwister der solitären ansieht. Wenn man sich dabei erinnert, dass in der letzten grossen entwicklungsgeschichtlichen Arbeit über Salpen SALENSKY das Vorhandensein einer eigentlichen Embryonalentwicklung leugnet und diese als „follikuläre Knospung“ erkannt zu haben glaubt, so wären wir jetzt glücklich dahin gelangt, die beiden Phasen im Entwicklungscyklus der Salpen genau umgekehrt aufzufassen als bisher.

Sehr kurze Zeit nach TODARO veröffentlichte BROOKS [1]) seine Untersuchungen über Salpenentwicklung. BROOKS hat sich, indem er auf die Anwendung der Schnittmethode verzichtete, von vornherein die Möglichkeit benommen, in den so äusserst komplizirten Entwicklungsvorgang bei der Knospung eine richtige Einsicht zu gewinnen. In den wichtigsten Punkten, namentlich der Ableitung der inneren Stoloröhre, schliesst er sich an HUXLEY an. So hat er die beiden von KOWALEVSKY als Kloakalröhren bezeichneten Gebilde im Stolo vollständig übersehen, das Nervenrohr als Eierstrang auffassen können [2]). Bei dieser falschen Voraussetzung

[1]) BROOKS, „The development of Salpa“. Bul. of the Museum of comp. Zool. at Harvard College.

„Über die Embryologie von Salpa“. Arch. f. Naturg. B. 42, 1876.

[2]) Nur so lässt sich BROOKS Angabe von einer paarigen Eier-

lässt er dann die Individuen an einer unrichtigen Region am Stolo entstehen, und seine beiden Individuenreihen stehen genau um 90 ° von der wirklichen Lage entfernt.

Die wichtigste Arbeit über die Knospung der Salpen verdanken wir SALENSKY[1]). Leider hat er den Beginn der Bildung des Stolo prolifer nicht beobachten können und beschreibt als jüngstes Stadium das bereits entwickelte Gebilde, in welchem fünf innere Zellröhren zu erkennen sind, die vom Ektoderm umschlossen werden. Seine Abbildungen von Querschnitten stimmen sehr gut mit meinen Beobachtungen. Da nun SALENSKY jenes Stadium für das jüngste hielt und, vielleicht im Anschlusse an KOWALEVSKY, aus theoretischen Gründen an eine Entwicklung der verschiedenen Gebilde des Stolo erst in diesem selbst nicht glaubte, versuchte er die Theile des Stolo aus bestimmten Organen des Mutterkörpers direkt abzuleiten. Für das Nervenrohr ist ihm dieser Nachweis nicht gelungen, und in Bezug auf den Entodermstrang (Eierstocksrohr nach KOWALEVSKY) schliesst er sich TODARO an, der die Entstehung aus dem Eläoblast beobachtet hatte. Das Mittelrohr des Stolo leitet er wie vor ihm KOWALEVSKY und TODARO im Gegensatze zu BROOKS aus dem Entoderm der Athemhöhle ab. Die beiden übrigen, paarigen Zellstränge (KOWALEVSKY's Kloakalröhren, TODARO's cumuli primitivi) sind nach seinen Beobachtungen Ausstülpungen des Perikardiums.

Über die Ableitung der Organe der Kettenthiere aus diesen sechs Zellröhren des Stolo lauten SALENSKY's Mittheilungen zum Theil etwas eigenthümlich. Im Gegensatze zu allen anderen Beobachtern lässt er das Mittelrohr, die Ausstülpung der entodermalen Athemhöhlenwand, sich rückbilden und für die Bildung der Knospen

---

stocksanlage verstehen. Die beiden Zellstränge sollen nach ihm als isolirte Gebilde an entgegengesetzten Stellen den Stolo durchziehen. Nun wird diese Lage der Eierstöcke in der That zwar in bereits hoch entwickelten Knospen erreicht, wie dies in den Figuren 11 auf Taf. XV und 5 auf Taf. XVI von mir gezeichnet worden ist. Ich kann aber nicht glauben, dass BROOKS, trotzdem er ausschliesslich Totalpräparate untersucht hat, solche Stadien für die jüngsten in der Bildung des Stolo gehalten habe. BROOKS hat übrigens selbst in einer späteren Arbeit (On the origin of the eggs of Salpa) seinen Irrthum korrigirt und auf Schnitten ähnliche Bilder wie SALENSKY erhalten. Eine neue Darstellung der Knospenentwicklung aber hat er bisher nicht gegeben.

[1]) SALENSKY, „Über die Knospung der Salpen". Morpholog. Jahrb. Bd. III, 1877.

ohne jede Bedeutung sein. Dagegen leitet er das ganze Entoderm, Athemhöhle mit Kiemenband und Darmtraktus des Kettenthieres von dem dem Nervenrohre gegenüberliegenden Gebilde ab, das gleichzeitig auch die Eier hervorgehen lässt. Das Nervenrohr des Stolo bildet die Ganglien der Kettensalpen, und die beiden seitlichen Stränge, die Perikardialröhren, bilden das Mesoderm derselben, die Muskulatur und das Herz.

Wenn ich nun kurz rekapitulire, so zeigt es sich, dass alle neueren Beobachter am Salpenstolo ein Stadium erkannt haben, in welchem derselbe aus sechs Gebilden zusammengesetzt ist, die sich auf dem Querschnitte ungefähr so darstellen, wie es in den Abbildungen Fig. 1—8 Taf. XIII von mir gezeichnet worden ist. Kowalevsky und Salensky leiten diese Theile des Stolo von verschiedenen Organen des Embryo direkt ab. Das mittlere Rohr, das nach Salensky an der Bildung der Knospen sich nicht betheiligt, ist eine Ausstülpung der Athemhöhlenwand; das untere entstammt einem Theile des embryonalen Mesoderms, welchen Kowalevsky: Eierstock, Salensky: Eläoblast nennen und der weiterhin nach diesem letzteren Forscher Entoderm und Eierstock liefert. Der Zusammenhang des Nervenrohres mit dem Embryo ist nicht erkannt worden. Die beiden seitlichen Röhren bezeichnet Kowalevsky als Kloakalröhren und leitet sie von der Kloake des Embryo ab, nach Salensky sind sie Ausstülpungen des Perikardiums, bestimmt zur Bildung des Mesoderms der Knospe. — Brooks fasst nicht nur den hämalen, sondern irrthümlicher Weise auch den neuralen Strang als Eierstrang auf. Diese beiden Gebilde stellen nach ihm die Mitten der späteren Knospenthiere dar, während sie in Wirklichkeit in der Ebene liegen, welche den Stolo später in zwei symmetrisch gleiche Hälften zerlegt. Das Ganglion und der Darmtraktus der einzelnen Thiere sind nach ihm später auftretende Ausstülpungen des mittleren Rohres, welches er, ebenfalls irrthümlicher Weise, als Fortsetzung des Perikardiums ansieht. — Nach Todaro endlich differenziren sich die vier inneren, peripheren Stränge aus dem embryonalen Mesoderm, der zentrale aus einer Fortsetzung der Athemhöhlenwand. Die beiden seitlichen Stränge (nach ihm oberer und unterer, *b* in meinen Abbildungen auf Tafel XIII) bilden allein die späteren Kettenthiere.

Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich ausschliesslich mit der Knospung von Salpa democratica, denn ich hielt es für angezeigter, die spärlichen Beobachtungen, die ich am Stolo von

Salpa maxima und runcinata machen konnte und die mir auf einen sehr ähnlichen Entwicklungsgang zu deuten scheinen, vollständig zu übergehen. Leider stand mir kein einziger Stolo der Salpa pinnata zur Verfügung, der, nach den Mittheilungen von Todaro, Vogt und Krohn zu schliessen, das geeignetste Beobachtungsmaterial darbieten dürfte.

Wie ich bereits oben erwähnte, kann man am lebenden Objekte kaum über den gröbsten Verlauf der Knospung nur einigermassen einen Einblick gewinnen. Für ein genaueres Verfolgen der einzelnen Entwicklungsphasen ist die Anfertigung von Querschnitten unerlässlich. Ich habe beinahe ausschliesslich an mit Osmiumsäure behandeltem Materiale gearbeitet, ohne allerdings diese Konservirungsmethode für ganz besonders geeignet halten zu können, weil sich der Stolo stark kontrahirt und leicht übermässig schwärzt. Die epitheliale Anordnung des Zellmateriales bleibt aber sehr gut zu erkennen, nur müssen die Querschnitte sehr fein sein. Mit den vortrefflichen Jung'schen Mikrotomen macht aber die Herstellung von $^{1}/_{200}$ mm dicken Schnittserien keine Schwierigkeit.

Nach den Todaro'schen Abbildungen scheint es, dass sich für den Salpenstolo $\frac{1}{2}$ % Chromsäure noch besser als Konservirungsflüssigkeit eignet als Osmiumsäure. Leider war mir Todaro's Methode noch nicht bekannt, als ich mein Material sammelte. Für die älteren Theile des Stolo und die jungen Kettenthiere, wie sie die Querschnitte auf Tafel XVIII darstellen, bewährt sich die Osmiumsäure sehr gut.

Eine Hauptschwierigkeit der ganzen Untersuchung liegt in dem Einhalten einer genauen Schnittrichtung. Bei ganz jungen Stolonen, bei denen es sich nur um Schnitte senkrecht zur Längsrichtung handelt, gelingt unter dem Mikroskop die Orientirung ganz leicht, wenn man auf dem Objektträger einbettet. Wo es sich aber um Querschnitte durch ganz junge Kettenindividuen handelt, ist der Vorgang komplizirter und zeitraubender. Da ein Freipräpariren der einzelnen Knospen in den jüngeren Stadien nicht möglich ist, bekommt man die Querschnitte derselben nur auf Längsschnitten durch den ganzen Stolo. Die Feststellung der Schnittrichtung wird dadurch erschwert, dass nicht nur die beiden Individuenreihen am Stolo — wie weiter unten beschrieben werden soll — von Anfang an nicht zu einander parallel stehen, sondern auch die einzelnen Knospen an derselben Seite in Folge der spiralförmigen Drehung des Stolo mit einander spitze Winkel

bilden. Um das zu schneidende Material in die bestimmte Lage zu bringen, wurde dasselbe im flüssigen Paraffin in einem sehr flachen Uhrschälchen unter das Mikroskop gebracht und durch Heben und Senken des Schälchens das Präparat, welches am Boden des Gefässes liegt, orientirt, bis es durch die erstarrende Flüssigkeit selbst festgehalten wird. Nach einiger Zeit wird das Paraffin von dem Uhrschälchen abgehoben, und man findet an der Oberfläche das eingeschmolzene Objekt in der bestimmten Ebene. Nachdem unter dem Mikroskop die Schnittrichtung festgestellt wurde, wird die freie Seite mit Paraffin übergossen, und es kann dann nach der bekannten Methode geschnitten werden.

Da das Paraffin nicht zu heiss sein darf, erkaltet es oft, bevor noch die Orientirung im Uhrschälchen unter dem Mikroskop gelungen ist; oft leidet auch das eingeschmolzene Stück beim Abheben von der Glasfläche, sodass dieses Verfahren einen geduldigen Arbeiter fordert. —

Ich will, wie es auch Salensky und Todaro gethan haben, die Beschreibung der ungeschlechtlichen Entwicklungsweise der Salpen in zwei Abschnitte theilen, in deren erstem die Bildung des Stolo, in deren zweitem die Entwicklung der Individuen an und aus demselben abgehandelt werden soll. Doch muss hier schon darauf aufmerksam gemacht werden, dass der ganze Entwicklungsverlauf ein kontinuirlicher Prozess ist und dass der embryonale Stolo selbst schon einen Theil der Organe der späteren Kettenformen trägt. Die Knospen dürfen nicht etwa — wie dies nach Todaro's Mittheilungen geschehen könnte — als eine Neubildung am Stolo aufgefasst werden, vielmehr muss schon der junge Stolo als ein Gebilde betrachtet werden, welches die folgende Generation in nuce enthält. Der Stolo verhält sich zur Salpenkette genau so wie eine junge Embryonalanlage, in welcher bereits die drei Keimblätter zur Ausbildung gelangt sind, zum fertigen Thiere.

Im ersten Abschnitte soll also die Entwicklung des Stolo beschrieben werden und zwar bis zu dem Stadium, welches sich aus fünf Röhren zusammensetzt, die vom Ektoderm umschlossen werden. Es wird sich zeigen, dass die Anlage des Stolo, wie bereits Todaro richtig beobachtet hat, einfacher ist als man bisher allgemein anzunehmen geneigt war. Während aber Todaro nur die Zellen des mittleren Blattes für die Bildung der Salpenkette nöthig hält, hoffe ich in dieser Abhandlung den definitiven Beweis zu erbringen, dass in der That Theile aller drei Keim-

blätter des Embryo am Aufbau eines jeden einzelnen Individuums der Salpenkette partizipiren und dass somit bei den Salpen wirklich eine von der geschlechtlichen Vermehrung total verschiedene Fortpflanzungsart existirt. Damit ist denn den neueren Spekulationen über den Entwicklungscyklus dieser Thierklasse, welche darauf hinauslaufen, den Generationswechsel in einen geschlechtlichen Dimorphismus aufzulösen, der Boden entzogen. Und wenn es sich bei einer erneuerten Prüfung der Embryonalentwicklung, wie ich bestimmt glaube, zeigen sollte, dass auch diese mit den an allen anderen Thiergruppen gewonnenen Resultaten in Einklang sich bringen lässt, so werden wir zu der nur in gewisser Weise modifizirten Auffassung des Entwicklungscyklus der Salpen als Generationswechsel zurückkehren müssen. Ich werde mich an dieser Stelle auf eine Erörterung der Frage, wie wohl das frühzeitige Auftreten der Geschlechtszellen im Stolo prolifer, das von Kowalevsky entdeckt, von Salensky mit Sicherheit nachgewiesen und von Brooks [1]) später in einer besonderen Arbeit abgehandelt wurde, mit den Ansichten über den Generationswechsel in Übereinstimmung zu bringen sei, nicht einlassen. Nur auf diese Thatsache möchte ich hier schon hinweisen, dass das Salpenei keineswegs schon in der ersten Stoloanlage oder bereits gar im Embryo definitiv ausgebildet erscheint, sondern vielmehr bis unmittelbar vor der Befruchtung in kontinuirlicher Umbildung begriffen ist wie die Hodenzellen und alle somatischen Zellen während der ganzen Dauer der Knospung. Und wie man z. B. den Hoden oder auch die Athemhöhle der Kettensalpe als dieser angehörende Organe ansieht, obwohl sie Folgegenerationen embryonaler Zellen sind oder aus einem bestimmten Theile der Athemhöhle des Embryo sich bildeten, muss auch der Eierstock, dessen Umbildung aus dem embryonalen Zellstrang nur quantitativ verschieden ist von den Veränderungen, welche der männliche Geschlechtsapparat oder die Athemhöhle erfährt, als ein Organ der Kettenform angesehen werden, wenn nicht der Begriff einer Generationsfolge überhaupt hinfällig werden soll.

---

[1]) Brooks, „The origin of the eggs of Salpa". Studies from the biol. Labor. John Hopkins University. Baltimore. Vol. II. 1882.

II. Die Bildung des Stolo prolifer.

Krohn hat den Stolo prolifer schon bei den Embryonen als ein hakenförmig gekrümmtes Gebilde beobachtet. Die erste Anlage desselben aber ist ihm wie allen andern Forschern, die sich mit der Salpenknospung beschäftigt haben, bis auf Todaro entgangen. Dieser hat vollkommen richtig erkannt, dass Fortsätze von nur drei embryonalen Gebilden den Stolo bilden und dass die das Entodermrohr umgebenden, als Nervenrohr, Eierstocksrohr und paarige Kloakal- oder Perikardialröhren bezeichneten Zellstränge sich sämmtlich aus einem mesodermalen Zellhaufen im Stolo selbst erst differenziren. Er war im Stande, das gesammte zwischen die beiden Blätter des Stolo aus dem Embryo einwuchernde Zellmaterial bei Salpa pinnata aus einer Mesodermzelle herzuleiten, und ich sehe darin keinen prinzipiellen Unterschied von den Vorgängen, die ich bei der Bildung des Stolo der Salpa democratica habe beobachten können. Todaro hat aber dadurch, dass er den Antheil, den die Fortsätze der beiden andern Keimblätter des Embryo am Aufbau der Knospen nehmen, übersah und die Mutterzelle des Mesoderms direkt als Eizelle betrachtete, zu seiner eigenthümlichen Auffassung der Salpenknospung verleitet werden können, auf die ich oben bereits hingewiesen habe.

Das Ektoderm und Entoderm.

Die erste Anlage des Stolo am Embryo bemerkt man als eine kleine, buckelförmige Erhebung, die dicht hinter dem Endostylende an der linken Seite auftritt (*st* Fig. 1 Taf. X). Schon in den jüngsten Stadien, die ich beobachten konnte, setzte sich das Gebilde aus drei Theilen zusammen, die als gesonderte Fortsätze des mütterlichen, embryonalen Thieres unschwer zu erkennen waren. In Fig. 2 ist der junge Stolo bei etwas stärkerer Vergrösserung gezeichnet worden. Er besteht aus zwei einander umschliessenden Zellröhren, deren Zwischenraum von einer Zellmasse erfüllt ist, und liegt in der äusseren Celluloseschicht des Embryo eingebettet. Die äussere Zellschicht des Stolo (*a*) lässt sich leicht als eine Ausstülpung des ektodermalen Hautepithels des Embryo erkennen, während der Zusammenhang des inneren Zellrohrs (*d*) mit den Geweben des Embryo schon auf diesem Stadium an Totalpräparaten nicht mehr recht deutlich zu sehen

ist. So hat BROOKS, der letzte Bearbeiter der Salpenknospung, der die Schnittmethode nicht anwandte, dieses Rohr vom Perikardium ableiten können. Der Hohlraum zwischen den beiden Zellschichten des Stolo zeigt sich als eine Fortsetzung der primären Leibeshöhle des Embryo, und die ihn erfüllenden Zellen lassen sich auf die Mesenchym- oder freien Mesodermzellen des Nucleus des Embryo zurückführen und müssen als Mesoderm des Stolo bezeichnet werden.

In die Genese des inneren Rohres und die Bildung des Mesoderms des Stolo lässt sich aber nur auf Schnitten eine befriedigende Einsicht gewinnen. Am übersichtlichsten scheinen mir die Verhältnisse an solchen Schnitten zu liegen, welche in einer zur Medianebene parallelen Richtung durch den Embryo geführt worden sind und welche die entodermale Entstehung des inneren Rohres des Keimstockes ausser allen Zweifel setzen.

In Fig. 1 auf Taf. XII ist der hintere Theil eines Längsschnittes durch einen Embryo abgebildet worden. Der Schnitt ist zur Medianebene nicht genau parallel ausgefallen, und daher der Nucleus bereits so weit links getroffen, dass der Darmtraktus nicht mehr zu sehen ist. Auf diesem und den benachbarten Schnitten ist der Übergang des inneren Rohres des Stolo (*d*) in die entodermale Wand der Athemhöhle (*kd*) deutlich zu sehen. Die Ausstülpung des Entoderms ist dicht hinter dem Endostyl (*es*) erfolgt und erstreckt sich nach links und hinten zu. Im vorderen Theile erfährt sie ventralwärts eine sackartige Erweiterung, die sich an das Dach der embryonalen Placenta (*dpl*) anlegt, an der Bildung des Entodermrohres im Stolo selbst aber sich nicht betheiligt. Nach rechts hin dehnt sich diese Erweiterung der entodermalen Ausstülpung bis zum Perikardium hin aus, mit welchem sie verwächst, so dass HUXLEY's irrthümliche Ableitung des Stoloentoderms vom Perikardium des Embryo eine Erklärung findet.

Der hinterste Theil der Ausstülpung schnürt sich von diesem vorderen ab (Fig. 2) und wird zum Entodermrohr des Stolo. In Fig. 3, die einen weiter nach links gelegenen Schnitt darstellt, erscheint das Entodermrohr bereits vollständig geschlossen, und es ist von der Kommunikation desselben mit der Athemhöhle des Embryo, die mehr gegen die Medianebene zu liegt, nichts mehr zu sehen. Auf Schnitten, die noch weiter nach links zu geführt sind, nähert man sich dem distalen Ende der Stoloanlage und bemerkt da eine starke Verjüngung des Lumens des Entodermrohres (Fig. 3 und 4), weil der ganze Stolo sich etwas zuspitzt.

Das Entodermrohr erscheint auf dem Querschnitte nahezu dreikantig; die Basis, die das Rohr nach hinten zu abschliesst, springt nach vorn gegen das Lumen zu ein wenig konvex vor und besteht aus einem flachen Epithel, während die Zellen der anderen Wände sich kubischen Formen mehr oder minder nähern.

Auf den der Medianebene nahe gelegenen Schnitten (Fig. 1 und 2) erscheint der junge Stolo noch nicht als ein vollständig gesondertes Gebilde, und nur die ventrale, der Placenta zugekehrte Wand des Ektoderms lässt sich als dem Stolo eigenthümlich erkennen. Weiter nach aussen zu (Fig. 3) sieht man sowohl vom Rücken als vom Bauche her zwei tiefe Furchen des Ektoderms die inneren Schichten des Keimstockes umschliessen, so dass der Stolo am distalen Ende (Fig. 5) auch auf dem Längsschnitte durch den Embryo seine eigene Ektodermschicht (*a*) besitzt, die aus nahezu kubischen, mit grossen Kernen versehenen Zellen besteht und die von dem mehr oder minder einem Plattenepithel gleichenden Ektoderm des Nucleus und der Placenta sich deutlich unterscheidet.

Das Mesoderm.

Das Mesoderm des Stolo, die zwischen den beiden Zellröhren gelegene Zellmasse, entstammt dem Mesenchym des Embryo. Ich habe nun niemals bei Salpa democratica beobachten können, was Todaro für Salpa pinnata beschreibt, dass nur eine Mesodermzelle des Embryo aus dem Nucleus zwischen die beiden Schichten des Keimstockes eingewandert wäre, und dass aus dieser allein das gesammte Mesoderm im Stolo sich bildet. Übrigens scheint mir auch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass Todaro nur das Einwandern der ersten Mesenchymzelle gesehen habe, und dass ihm das spätere Einwuchern des Mesoderms entgangen sei, obwohl sich, wenn auch seine Angaben sich bestätigen sollten, diese Bildungsweise des Mesoderms des Stolo mit der von mir beobachteten leicht und ungezwungen in Übereinstimmung bringen lässt. Mit den Beobachtungen der anderen Forscher ist dies nun nicht recht möglich, und ich habe schon im Eingange auf die Differenzen hingewiesen, die sich dahin zusammenfassen lassen, dass sich mir die Knospenanlage aus Elementen der drei Keimblätter und zwar aus noch embryonalen Zellen des Mesoderms darstellte, während nach den früheren Mittheilungen noch bestimmte Organe des Embryo Fortsätze in den Stolo hineinschicken, die sich aber

in diesem theilweise zu andern Organen der Knospen umbilden sollen.

Ich muss die Darstellung der Mesodermbildung im Stolo durch eine kurze Beschreibung der anatomischen und histologischen Verhältnisse einleiten, die im Nucleus des Embryo angetroffen werden, wenn die Bildung des Stolo beginnt.

Die primäre Leibeshöhle im hintersten Abschnitte des Embryo, die in diesem jungen Stadium nur unbedeutend durch einen inneren Cellulosemantel eingeengt ist, wird vom Mesoderm erfüllt, welches zweierlei Charakter zeigt. Eine Gruppe von Zellen, die in Gestalt und Grösse vielfache Verschiedenheiten zeigen, nimmt das hinterste Ende des Nucleus ein und erstreckt sich vorzüglich ventral mehr oder minder weit nach vorn zu bis in die Region des Herzens. Die einzelnen Zellen sind grossblasig, enthalten einen runden Kern und führen Öl- und Fettsubstanzen, die als Reservematerial beim Aufbau des embryonalen Leibes weiterhin in Verwendung gelangen. Diese Zellen sind es, welche mit dem Vorschreiten der Ausbildung des Embryo immer mehr schwinden, bis endlich das ganze Gebilde beim Ausgang der Embryonalzeit oder in der ersten freischwimmenden Periode aufgebraucht ist. Ich glaube, dass der Name Eläoblast, den Krohn[1]) für diesen Zellhaufen eingeführt hat, in der That nur auf diese Portion von Mesodermzellen beschränkt werden muss (*eb* Fig. 1 und 4, Taf. X), wie dies auch Leuckart[2]) gethan hat, zumal wir im Stolothiere für genau dieses Gebilde das Homologon in einer wohlabgegrenzten Zellgruppe finden, welche mit Vogt's Stoloblast identisch sein dürfte. Durch die Behandlung der Objekte mit Reagentien und namentlich mit Alkohol werden die Fettsubstanzen den Zellen entzogen, und auf den Schnitten erscheinen die Eläoblastzellen meist geschrumpft (*eb* Fig. 1 und 6, Taf. XII). So wird auch bei der Überführung der konservirten Embryonen aus Alkohol in Nelkenöl oder Chloroform dem vehement eindringenden Öle kein genügender Widerstand entgegengesetzt, und das Plattenepithel des hintersten Ektoderms stülpt sich dann sehr oft in den Eläoblast ein, wie es Fig. 1 zeigt. Diese Eläoblastzellen stossen nur im hintersten Theile und in einem ventralen Streif an das Ektoderm des Nucleus, an den anderen Seiten werden sie, wie das

---

[1]) Krohn, „Observations s. l. génération et le develop. des Biphores“. p. 123.

[2]) Leuckart, „Zoologische Untersuchungen“ 2. Heft. p. 57.

aus den Abbildungen zu ersehen ist, von Mesenchymzellen umlagert, zwischen welchen die Blutflüssigkeit zirkulirt. Die Zellen erscheinen meist in den vorderen, seitlichen Partien gelblich gefärbt, in der dorsalen silberglänzend, ohne dass damit eine wesentliche Verschiedenheit gekennzeichnet wäre. Auf dem in Fig. 6, Taf. XII abgebildeten lateralen Längsschnitt durch ein Osmiumpräparat sind die Mesenchymzellen des Nucleus als runde Gebilde von sehr wechselnder Grösse zu sehen, die einen deutlichen Kern besitzen. Das gesammte Mesenchym des Embryo hat, vom Eläoblast abgesehen, auf diesem jugendlichen Stadium noch einen ziemlich gleichartigen Charakter, nur schien es mir, dass die vorderen, ventralen Zellen in der Nucleushöhle, die in den Stolo hineinwandern, besonders zu amöboiden Bewegungen neigten.

An der Basis und der ventralen Wand der entodermalen Ausstülpung des Pharyngealsackes, welche zum Entoderm der Knospen werden soll, erscheinen die Mesenchymzellen dicht angehäuft (Fig. 1), um weiter nach links hin in die Stolohöhle hineinzuwuchern. Dabei findet eine Umwachsung des Entodermrohres durch die Mesenchymzellen statt, sodass am distalen Ende (Fig. 5) das Entoderm vom Mesenchym vollständig umgeben ist. So wahrscheinlich es auch ist, dass der vordere und obere, der Athemhöhle zugekehrte Mesenchymstreif (*b*) von dem mächtigen hinteren (*c*) aus gebildet wird, habe ich das dennoch nicht auf den Schnitten durch die jüngsten Stadien (Fig. 2—5) feststellen können und muss zur Begründung dieser Ansicht auf das etwas ältere Stadium in Fig. 7 verweisen. Was den anderen, im Embryo ventral gelegenen und der Placenta zugekehrten Mesenchymstreifen (*b*) anlangt, so ist dieser, wenigstens unmittelbar an der Wurzel des Stolo (Fig. 2), direkt aus den Mesenchymzellen des Nucleus hervorgegangen, und es hat den Anschein, als wenn die entodermale Ausstülpung der Athemhöhle das sie umgebende Mesenchym im Nucleus zu dem umfangreichen hinteren (*c*) und flachen ventralen (*b*) Streifen anordnete.

Ich will nun hier gleich erwähnen, dass die in der allerersten Stoloanlage des Embryo hinter[1]) dem Entoderm liegende Mesenchymmasse (*c*) zum Eierstockstrang wird, die obere und untere (*b*) sich zu den Seitensträngen entwickeln und endlich aus dem die vordere Verbindung dieser beiden vermittelnden Streifen das Nervenrohr (*nr*) hervorgeht.

---

[1]) Die Orientirung der Theile des Stolo ist hier auf die Hauptaxen des ganzen Embryo bezogen.

Salensky lässt bekanntlich das Entoderm der Knospen aus dem Zellstrang hervorgehen, welcher dem von mir als Eierstockstrang bezeichneten identisch ist, und lässt diesen dem Eläoblastresiduum des Embryo entstammen.

Ich glaube im Vorhergehenden nachgewiesen zu haben, dass eine derartige Ausdehnung der Bezeichnung Eläoblast auf das gesammte Mesenchym des Nucleus nicht zweckmässig sei und möchte darum nochmals hervorgehoben haben, dass auch der Eierstockstrang aus dem freien Mesenchym des Embryo und nicht dem Eläoblast entsteht.

Die Umbildung der ringförmig das Entoderm umschliessenden Mesenchymschichten zu den vier gesonderten Zellsträngen beginnt im jungen Stolo am distalen Ende und schreitet gegen die Wurzel zu vor. In Fig. 9 ist ein Schnitt durch das distale Stoloende abgebildet, und man erkennt da, wie sich das Nervenrohr von dem einen Seitenstrange bereits abgelöst hat, mit dem andern aber noch durch einen feinen Strang in Verbindung steht. Auf einem näher der Wurzel zu geführten Schnitte (Fig. 8) ist dieser Zusammenhang noch ein innigerer, und noch weiter nach dem Anfange hin (Fig. 7) zeigt sich die Verbindung der beiden Seitenstränge mit dem Eierstockstrang und des Nervenrohres mit einem der Seitenstränge noch als eine vollständig kontinuirliche.

Es scheint mir, dass die Bildung der einzelnen Stränge nicht allein durch die Aktivität des Mesoderms erfolgt, sondern dass gleichzeitig dem Entodermrohre dabei eine wichtige Rolle zufällt, indem es sich faltet, an bestimmten Stellen weiter gegen den Ektodermschlauch vorschiebt und an diesen Orten den Zerfall des kontinuirlichen Mesenchyms in die einzelnen Portionen mit herbeiführt, wie dies in Fig. 14 auf Taf. XII und in Fig. 1—3 auf Taf. XIII dargestellt ist.

Dabei erfolgt die Umwandlung des kleineren, zwischen den beiden Seitensträngen liegenden Zellstranges (*nr*) zu einem Rohre von sehr feinem Lumen, dessen Wandung aus kegelförmigen Zellen sich zusammensetzt (Fig. 12 und 14). In den jungen Stolonen scheint das Nervenrohr weiter als die andern Mesodermstränge in das vorderste Ende hineinzuragen, und auf dem in Fig. 13 abgebildeten Schnitte durch den äussersten, distalen Abschnitt eines 0.16 mm langen Stolo ist es noch zu sehen, während von den andern Zellsträngen nur das Entoderm bis in diese Region reicht.

Die beiden Seitenstränge bilden sich zu zwei paarig verlaufenden, dem Darm dicht anliegenden Zellstreifen aus, die zuerst meist

zweischichtig sind, später an bestimmten Stellen, wie ich das weiter unten ausführlicher werde zu beschreiben haben, mehrschichtig werden. Ich habe auf meinen Schnitten ein Lumen in den Seitensträngen nicht gesehen, vielmehr erschienen mir die Zellen dicht aneinandergepresst. SALENSKY hat bereits, wie es scheint, auf den entsprechenden Stadien eine Höhlung bemerken können, was mir aber nur auf individuelle Variationen hinzudeuten scheint.

Während in jedem dieser drei Gebilde die einzelnen Zellen einen ganz gleichmässigen Charakter bewahren, erfolgt in dem vierten mesodermalen Strange, dem Eierstockstrang (*c* Fig. 7), sehr frühzeitig bereits eine Differenzirung der denselben zusammensetzenden Elemente. Die Zellen der mittleren Partie werden bedeutend grösser; der Nucleus der Zellen wächst ebenfalls, indem dabei seine Substanz sich weniger intensiv färbt, kurz, es leiten sich die Veränderungen ein, welche die Entwicklung zur Eizelle bedingen und welche weiter unten ausführlich werden besprochen werden. Die Zellen der Randzone erleiden für's Erste keine wichtigeren Veränderungen.

Mit der Ausbildung der vier Zellstränge zwischen dem äusseren und inneren Keimrohre hat der sie umschliessende Hohlraum des Stolo, den SALENSKY als Knospungshöhle bezeichnet, eine bestimmte Gestalt angenommen. Anfänglich war die Stolohöhle, die — wie erwähnt — eine Fortsetzung der primären Leibeshöhle des Embryo ist (Fig. 1), von den Mesenchymzellen zumal an der Basis vollständig erfüllt (Fig. 7). Später treten dann um das Nervenrohr und den Eierstockstrang die Spalträume (*bb*) auf, in welchen das Blut zirkulirt. Es scheint, dass anfänglich stets vier Spalträume gesondert entstehen, von welchen die beiden oberen zu einem das Nervenrohr umgebenden Blutsinus verschmelzen (Fig. 12), indem Nervenrohr und Entodermschlauch sich von einander entfernen. Die beiden Blutbahnen zu den Seiten des Eierstockstranges verbinden sich, wie ich glaube, nur im mittleren und distalen Stoloabschnitte zu einem Sinus und bleiben im proximalen getrennt, weil dort der mächtige Mesenchymstrang bis an das Entoderm dicht heranreicht.

An der äussersten Spitze des Stolo, in welche die inneren Zellstränge nicht mehr hineinreichen (Fig. 2 und 3, Taf. X), bleibt ein verhältnissmässig weiter Raum der primären Höhle bestehen, durch welchen die beiden Blutsinus mit einander verbunden werden. In den Fig. 10 und 11 auf Taf. XII ist dieser Blutraum auf Längsschnitten durch den Stolo getroffen worden.

Wie der Blutstrom an der einen Seite aufsteigt, an der andern in die Leibeshöhle des Embryo zurückkehrt, und wie die Richtung der Strömung mit dem Wechsel des Herzschlages sich umkehrt, das brauche ich hier nicht weiter zu beschreiben. Es sind diese Erscheinungen seit KROHN's und LEUCKART's Mittheilungen unzählige Male bestätigt worden.

So wie zur Zeit der ersten Stoloanlage im Embryo das Blut noch keineswegs überall in einem besonderen Lakunensystem sich bewegt, sondern vielfach das ektodermale Hautepithel und den Darmtraktus direkt bespült, fehlen auch im Stolo anfänglich besondere Blutgefässe (Fig. 9 und 14). Dieselben entstehen nun nicht etwa ausschliesslich durch Einwuchern vom Embryo aus, sondern bilden sich frei, gleichzeitig an verschiedenen Stellen in der Stolohöhlung und zwar, wie ich glauben muss, aus Mesenchymzellen (*bz*), die durch den Flüssigkeitsstrom in den Stolo eingeführt worden sind, und aus solchen, die sich von den Seitensträngen des Stolo losgelöst haben und dann zu einem äusserst feinen Plattenepithel zusammentreten (Fig. 11—13). Man hat dieses Epithel Gefässhülle genannt. Es liegt nun den Zellsträngen des Stolo nicht unmittelbar an, sondern ist von denselben durch eine homogene, zarte Substanzlage (*cs*) getrennt, die ich, ohne allerdings die genügenden chemischen Reaktionen ausgeführt zu haben, nicht anstehe als Cellulose anzusehen. Ihre Ausscheidung dürfte wohl von denselben Zellen erfolgt sein, welche später als Plattenzellen die Gefässe begrenzen und welche durch die Ausscheidung dieser Substanz auf ihrer Bahn durch die Stolohöhle gleichsam festgehalten wurden.

Wachsthum und Drehung des Stolo.

Die Beschreibung der folgenden Entwicklungsvorgänge lässt es als zweckmässig erscheinen, für die verschiedenen Regionen des Stolo bestimmte Bezeichnungen einzuführen, weil man mit der Beziehung der sich entwickelnden Knospen auf die Axen des Embryo nicht mehr ausreicht. Ich adoptire SALENSKY's Benennung, der die Seite des Nervenrohres als „neurale", und die des Eierstockstranges als „hämale" bezeichnet, werde aber auch gelegentlich dafür, indem ich mich auf meine überall gleich orientirten Abbildungen beziehe, oben und unten sagen; nur muss ausdrücklich hinzugefügt werden, dass die Neuralseite des Stolo durchaus nicht mit der Neuralregion der späteren Individuen zusammenfällt, sondern ungefähr dort liegt, wo sich deren Ingestionsöffnungen be-

finden. Die Insertion des Stolo am Embryo, die Wurzel des Stolo, bestimmt den vorderen oder proximalen Abschnitt; das freie Ende gilt als das hintere oder distale. Als die rechte Seite des Stolo ist diejenige zu bezeichnen, welche man zu seiner Rechten hat, wenn man sich mit dem Kopfe gegen den Stoloanfang mit dem Rücken gegen die Neuralseite des Stolo gekehrt denkt. Die an dieser Seite sich entwickelnde Individuenreihe ist die rechtsseitige.

In der allerersten Stoloanlage (Fig. 1—5, Taf. XII), in welcher die Zellstreifen des Mesoderms eben zur Sonderung gelangen, ist — wie ich oben bereits angedeutet habe — die Hämalseite gegen das Hinterende des Embryo, der linke Seitenstreifen ventralwärts, gegen die Placenta gerichtet. Die junge Anlage wächst zu einem zapfenförmigen Gebilde aus, indem sich das distale Ende nach der linken und ventralen Seite des Embryo hinkehrt. Auf bestimmt orientirten Querschnitten durch den Embryo trifft man demnach den Stolozapfen in lateralen Längsschnitten, und ich habe zwei derselben in Fig. 10 und 11 abgebildet. Der erstere ist nahezu durch die Mitte des Keimstockes geführt und zeigt zu beiden Seiten des Entoderms die Seitenstreifen, an der Spitze die Blutbahn. Der Schnitt in Fig. 11, der aus der weiter nach hinten zu gelegenen Region des Embryo stammt, zeigt nur den Eierstockstrang und die äussersten Zellen des linksseitigen Seitenstranges (*b*). Es ist aus den Abbildungen leicht ersichtlich, dass, indem bei dem Grössenwachsthum des Stolozapfens das Distalende ventralwärts zu sich neigt, der rechte Seitenstrang des Stolo, der in der Nähe der Medianebene im Embryo dorsal gerichtet ist, nach aussen zu liegen kommt, während der andere, der linksseitige, mehr der linken Leibeswand des Embryo zugekehrt ist.

Wenn nun der Stolo an Grösse zunimmt (Fig. 3, Taf. X), wächst er, in die Celluloseschicht des äusseren Mantels eingebettet, an der linken Seite des embryonalen Nucleus weiter, krümmt sich aber hakenförmig gegen den Rücken des Embryo hin (Fig. 4). Er umwächst den Hinterleib vollständig, und sein distales Ende erscheint, wenn die erste Spiralumdrehung vollendet ist, ventral vom Nucleus, um diesen noch mit einer halben Umdrehung zu umschlingen. In Fig. 5 habe ich den ältesten Stolo prolifer der Salpa democratica gezeichnet, der mir zur Beobachtung kam, der $1\frac{1}{2}$ Spiralwindungen ausgeführt hatte und im Endabschnitte 61 wohlentwickelte Individuen zeigte. Wahrscheinlich war aber ein Theil der Kette bereits früher abgestossen worden.

Während dieses Umwachsungsprozesses bleibt die linke Seite des Stolo immer der Ektodermwand des Embryo und der solitären Form zugekehrt, und es erscheint demnach die linke Individuenreihe mehr nach innen, die rechte mehr nach aussen zu gekehrt. Die Stellung der Individuen am Stolo und die damit zusammenhängenden Verhältnisse werden weiter unten besprochen werden.

Der Stolo steckt während seiner ganzen Bildungszeit im Cellulosemantel des solitären Thieres, in welchem er bei seinem Längenwachsthum eine Höhlung vor sich hertreibt, die Leuckart [1]) gewiss mit Recht einer Generations- oder Bruthöhle vergleicht. Ob diese Höhlung mechanisch durch Auseinanderweichen der Cellulosesubstanz oder durch Auflösung der betreffenden Partien entstanden sei, weiss ich nicht zu sagen. Oft umschliesst, wie Leuckart bereits beobachtete, der Cellulosemantel so dicht den Stolo, dass dessen Knospen in jenem abgedrückt erscheinen. Nahe der Medianebene, dorsal vom Nucleus, bricht diese Höhlung nach aussen durch, und durch diese Öffnung erfolgt die Geburt der Kettenglieder.

Gleichzeitig mit der mächtigen Entwicklung des Stolo prolifer und seiner Knospen findet ein bedeutendes Grössenwachsthum des solitären Thieres statt. Es kommt hierbei nicht nur die von aussen aufgenommene Nahrung in Betracht, sondern auch die Rückbildung zweier embryonaler Organe, welche in den frühesten Stadien der Embryonalentwicklung mehr als die Hälfte der Körpersubstanz ausmachten: der Placenta und des Eläoblasts. Die Beschaffenheit des Eläoblasts macht es mir mehr als unwahrscheinlich, dass Elemente desselben direkt zu Blutzellen würden, die in den Stolo übergingen, während mir eine derartige Umbildung von Placentazellen durchaus nicht ausgeschlossen zu sein scheint. Jedenfalls aber wird die Bedeutung, die das Material, welches durch die Rückbildung dieser beiden Organe disponibel wird, sowohl für die Solitärform als für die Entwicklung der Knospenbrut besitzt, nicht hoch genug angeschlagen werden können.

Die Form der ersten Knospenanlage ist von Brooks als becherförmig, von Leuckart und Salensky als buckelförmig, später haken- oder hornförmig beschrieben worden. In der That sind alle diese Bezeichnungen für gewisse individuelle Variationen zutreffend, mit deren Beschreibung ich diesen Abschnitt beschliessen will. Die ektodermale Ausstülpung, welche sich in den Knospen-

---

[1]) Leuckart, „Zoologische Untersuchungen". 2. Heft p. 67.

zapfen umwandelt, ist bald enger bald weiter. Im letzteren Falle wuchert eine sehr bedeutende Menge von Mesenchymzellen in die Stolohöhle ein, und der junge Keimstock erscheint als kurzes Gebilde, das einen verhältnissmässig grossen Querschnitt aufweist (Fig. 7—9 auf Taf. XII). Es hat mir geschienen, dass in diesen Fällen auch weiterhin der Stolo nicht nur rascher sich entwickelte, sondern dass auch die einzelnen Knospen durch eine bedeutendere Grösse sich auszeichneten. Oft aber und, wie ich glaube, besonders dann, wenn die Bildung des Knospenstocks erst im späteren Embryonalleben beginnt, zeigt sich die Stoloanlage von Anfang an als ein feiner Zapfen von geringem Umfange (Fig. 12 und 13).

III. Die Umbildung des Stolo prolifer zur Salpenkette.

Schon sehr frühzeitig, sobald nur der Stolo ein hornförmiges Aussehen gewonnen und ungefähr die Länge von 0,15 mm erreicht hat, treten an seinen beiden Seiten, in der Zone der Seitenstränge und zwar zuerst am distalen Ende, wulstförmige Verdickungen auf (Fig. 3, Taf. X), die sich bei hämaler oder neuraler Ansicht des Stolo als höckerförmige, seitliche Erhebungen darstellen und die erste Anlage der späteren Knospen repräsentiren. Diese wulstförmigen Streifen sind durch Furchen getrennt, die nach dem proximalen Stoloende zu immer flacher werden, so dass auch die einzelnen Segmente immer undeutlicher erscheinen, indem sie gleichzeitig an Breite abnehmen und dichter aneinanderliegen. An der Wurzel ist dann der Stolo ganz glatt. Ein ganz ähnliches Verhältniss, wie das eben an einem jungen Stolo geschilderte, findet sich in den ausgebildeten und ältesten Keimstöcken wieder, wenn man deren proximalen Theil betrachtet, in welchem die Neubildung der Kettenthiere vor sich geht, während am distalen die ausgebildeten Formen sich ablösen. Doch bedürfen diese Erscheinungen hier keiner weiteren Beschreibung, nachdem sie bereits von den älteren Beobachtern, von Krohn, Leuckart und Vogt, ausführlich dargestellt worden sind.

Nur beim allerersten Auftreten liegen die Wülste genau oder doch nahezu senkrecht zur Längsrichtung des Stolo; je mehr ihre Umbildung zu den Knospenthieren vorschreitet, desto mehr neigen sich die der neuralen Stoloseite zugekehrten Enden nach dem distalen Abschnitte des Keimstockes, so dass schliesslich die be-

kannte Schiefstellung der Individuen resultirt, welche schon Krohn beschreibt. Doch ist die Neigung der Knospen auf den beiden Seiten des Stolo nicht die gleiche, und zwar schien es mir, dass stets die Individuen der rechten Reihe der ursprünglich Senkrechten genäherter bleiben. Bedenkt man, dass ausserdem die hinteren Leibesenden der gegenüberliegenden Individuen näher aneinander liegen als die Vorderenden, so dass der Querschnitt durch den Stolo in gewissen Stadien einem gleichschenkeligen Dreiecke ähnelt, dessen Spitze durch die Nucleusenden der Knospen bestimmt wird, und dass dazu noch die spiralige Aufrollung des ganzen Keimstockes hinzukommt: so wird man begreifen, dass im ganzen Stolo auch nicht zwei Individuen genau die gleiche Orientirung im Raume haben.

Schon bei ihrem ersten Auftreten liegen die Furchen an den beiden Seiten des Stolo nicht vollständig genau einander gegenüber, aber erst später wird die Stellung der Individuen eine genau alternirende. Indem nun die Wülste, welche zuerst nur in der Mitte der beiden Seiten des Stolo auftraten, in hämaler und neuraler Richtung sich ausdehnen, kommt es — in Folge ihrer verschiedenen Schiefstellung am Stolo — zu einem Übergreifen der linksseitigen Erhebungen nach der rechten Stoloseite und umgekehrt. Ich werde weiter unten nachweisen, wie damit der Übergang der ganzen Stolobreite im hämalen Theile abwechselnd in das hintere Leibesende der rechten oder linken Individuen im Zusammenhange steht. An der neuralen Seite des Stolo, wo die mediane Partie bei der Bildung der Ganglienketten scheinbar einsinkt und zwei seitliche Höckerreihen sich bilden (Vgl. Fig. 9 auf Taf. XV), verlieren sich diese von der entgegengesetzten Seite hinübergewachsenen Furchen, nachdem sie den Zerfall des Nervenrohres in die einzelnen Ganglienpartien herbeigeführt haben. An der hämalen aber sind diese Zwischenstücke leicht nachweisbar (vgl. Fig. 1 und 8 Taf. XVII) und dürften an ihren äussersten neuralen Enden mit Eschricht's rudimentär gewordenen Knospen identisch sein, durch deren abwechselnde Rückbildung auf beiden Seiten, wie er meinte, die biserial-alternirende Stellung der Individuen hervorgegangen sei.

Alle Fragen aber in Bezug auf die Genese der verschiedenen Organe der Knospen und deren Zurückführung auf die Röhren und Stränge des Stolo lassen sich nur an Schnittserien lösen, zu deren Beschreibung ich nunmehr übergehe. Ich will nur hier gleich darauf hinweisen, dass das Auftreten der buckelförmigen,

seitlichen Erhebungen, das, wie ich erwähnt habe, die jungen Knospen andeutet, sich auch bei Vergleichung der aufeinanderfolgenden Schnitte erkennen lässt, wenn man sich dieselben übereinander gelagert denkt. So zeigt sich z. B. sofort bei Vergleichung von Fig. 1 und 2 auf Taf. XIII, dass bei *b* buckelförmige Erhebungen am Stolo sichtbar sein müssen und dass auch die hämale und neurale Seite bereits gefurcht erscheinen. Es ist mir aber nicht gelungen, aus den Schnitten ein Modell zu konstruiren. Ich glaube, dass dies für den Stolo der Salpa pinnata leichter durchführbar sein wird, weil dieser in einer geraden Richtung nach vorn zu verläuft und der Endostyl des Embryo eine feste Axe repräsentirt, auf welche hin der Stolo orientirt werden kann.

Der ganze Entwicklungsprozess der Knospung ist so komplizirt und langwierig, dass es mir am angezeigtesten erscheint, seine Beschreibung in zwei Abschnitte zu theilen, welche zwei Entwicklungsperioden entsprechen, die allerdings kontinuirlich ineinander übergehen, vielleicht aber doch nicht ganz willkürlich gewählt erscheinen dürften.

Erster Abschnitt.

Die Bildung der Knospen am Stolo.

In diesem Abschnitte sollen die Umbildungen und Lageveränderungen beschrieben werden, welche die Röhren und Zellstränge des Stolo erfahren müssen, um zu den jungen Knospen zu werden, welche an den beiden Seiten auftreten. Im Wesentlichen ist dieser Vorgang ein Zerfall der für die gesammte Kette gemeinsamen Anlagen in ebensoviele segmental angeordnete Portionen als später Individuen vorhanden sind. Gleichzeitig damit treten Verschiebungen der einzelnen, sich immer mehr von den gleichwerthigen Nachbarstücken lösenden Theilprodukte auf, bis die Lagebeziehungen gewonnen sind, in welchen der Bau junger, mit den Anlagen zu allen Organen bereits ausgestatteter Kettensalpen sich unschwer erkennen lässt. Die Darstellung dieser Vorgänge dürfte am leichtesten verständlich werden, wenn die verschiedenen Organe des Keimstockes in ihrer Entwicklung gesondert verfolgt werden. Ich beginne mit dem Entodermrohre und werde in diesem Kapitel gleich die Darstellung des Zerfalls des Stolo in die einzelnen Knospenthiere einfügen.

Das Entoderm.

Wir haben das Entoderm des Stolo bis jetzt nur in seiner allerersten Anlage kennen gelernt, in der es auf dem Querschnitte (Fig. 1—5 auf Taf. XII) nahezu die Gestalt eines Dreiecks aufweist und gegen den Eierstockstrang hin aus Spindelzellen besteht, während die seitlichen Wandungen aus kubischen oder Zylinderzellen sich zusammensetzen. Ich weiss nun nicht mit Bestimmtheit zu sagen, ob die beiden seitlichen Theile des Entodermrohres, welche durch die konvexe Einkrümmung der hämalen Wand sich unterscheiden lassen (Fig. 7), direkt in die beiden später am Stolo bilateral gelegenen Entodermhälften (Fig. 6 auf Taf. XIII) übergehen oder ob überall zuvor noch das Entodermrohr eine vierkantige, meist in der neuro-hämalen Richtung mehr oder minder zusammengedrückte Form annehmen muss. Diese fand ich nämlich auf Querschnitten durch Stolonen, welche etwas älter waren als diejenigen denen die Schnitte 7—9 auf Taf. XII entnommen sind. Zwei solche Schnitte sind in Fig. 12 und 13 wiedergegeben; der Stolo mass in seiner Länge 0.16 mm und war im Verhältniss zur Grösse der Solitärform, an welcher er sass, von auffallend geringer Länge. Der in Fig. 13 abgebildete Schnitt ist durch das distale Ende geführt, in das weder die Seitenstränge noch der Eierstockstrang sich erstrecken, und es zeigt da das Entoderm kein deutliches Lumen mehr.

Die vierkantige Form des Entodermrohres findet man beinahe stets auf Querschnitten durch den proximalen Abschnitt von älteren Stolonen (Fig. 7—10 auf Taf. XIII), in welchem die Knospen immer wieder neu angelegt werden, und der somit die Verhältnisse zeigt, die im distalen Ende jüngerer Stolonen zu sehen sind. Doch werde ich mich bei der Beschreibung der Entwicklungsvorgänge nach Möglichkeit an die Schnitte halten, welche durch verschiedene Stolonen angefertigt worden sind, die sich in eine ziemlich kontinuirliche Altersreihe bringen lassen, und werde nur für solche Stadien der Knospenbildung, welche ich an jungen Stolonen nicht auffinden konnte, Querschnitte durch den proximalen Abschnitt alter Keimstöcke zu Hilfe nehmen. Es hat mir nämlich geschienen, dass die Umbildungen im proximalen Theile und besonders in der nächsten Nähe der Stolowurzel viel mehr individuelle Variationen, durch welche wichtige Vorgänge verwischt werden, aufweisen als die jungen Stolonen, obwohl auch bei diesen solche in reichlichem Maasse nicht fehlen.

Als eine individuelle Variation dürfte wahrscheinlich auch die flache Ausbreitung des Entoderms und die mächtige Ausdehnung der Blutbahnen anzusehen sein, welche ich oben bei einem jungen Stolo beschrieben habe, und ich glaube, dass ein ähnliches Stadium zu solchen Formen der Knospenbildung führt, wie sie in Fig. 5—11 auf Taf. XIV abgebildet sind. Wie die Form des Lumens, so variirt auch die Gestalt der Zellen im Entoderm, und ich verweise als Beleg hierfür auf Fig. 14, Taf. XII, welche bereits auf einem sehr jungen Stadium die hämale Wand aus ziemlich grossen Zellen zusammengesetzt zeigt, welche nahezu Zylinderform besitzen.

Alle diese verschiedenen Formen des jungen Entodermrohres erleiden, wenn eine Weiterentwicklung überhaupt stattfinden soll, im Wesentlichen eine gleiche Veränderung, welche zum folgenden Stadium hinüberführt. Diese besteht in einer rasch vorschreitenden Einschnürung des Rohres, indem neural, dicht unter dem Nervenrohr und gegenüber an der hämalen Wand je eine Furche auftritt. Die Bildung derselben beginnt am distalen Ende und schreitet allmählich gegen das proximale vor. (Vgl. Fig. 1—4, Taf. XIII). Die hämale Rinne ist viel tiefer; die dadurch bedingte Flächenvergrösserung dieser Entodermwand äussert sich denn auch darin, dass dieselbe sich aus auffallend dünneren und kleineren Zellen zusammensetzt, was allerdings oft schon in den jüngsten Stadien zu bemerken war. Schliesslich sind die Furchen so weit vorgewachsen (Fig. 5 und 6), dass die hämale und neurale Wand in der Mittellinie aneinanderstossen, so dass das Endotermrohr in zwei Säcke zerfallen ist, welche durch einen schmalen medianen Spalt, der sich durch die ganze Länge des Stolo hindurch erstreckt, mit einander kommuniziren.

Das rasche Vorwachsen der hämalen Furche bringt es mit sich, dass die Entodermsäcke sich anfänglich nach dieser Richtung hin ausdehnen, während der Verbindungsspalt mehr neural liegt. Bald aber dehnen sich die Falten auch nach oben hin, gegen das Nervenrohr zu aus, so dass sie die neurale Blutbahn seitlich umfassen (Fig. 11 und 12 auf Taf. XIII und Fig. 1 auf Taf. XIV). Die beiden gegenüberliegenden Wände des Entodermrohres berühren einander anfänglich nur an einer ganz schmalen Stelle in der Medianebene. In der Folge erweitert sich diese Stelle zu einer breiten Zone, so dass die beiden Entodermsäcke mehr nach den Seiten des Stolo hinrücken. Auf dem Querschnitt erscheinen sie dann durch einen Kanal verbunden (Fig. 2—4 auf Taf. XIV), dessen

Wandungen in diesem Falle dicht aneinander liegen, so dass das Entoderm eine H-förmige Gestalt angenommen hat. Die Zellen, die dasselbe zusammensetzen, sind in diesem Stadium ziemlich gleichartig. Die ursprünglich grossen Zylinderzellen der seitlichen Entodermwände sind bei der bedeutenden Flächenvergrösserung in kleinere kubische übergegangen.

Der horizontale Ast hat für den Aufbau des Entoderms der Knospen keine direkte Bedeutung. Oft bleiben seine Wandungen von einem sehr frühen Stadium an aneinandergepresst und ziehen sich zu einem feinen Plattenepithel aus, in welchem sich die beiden Lagen mit Sicherheit kaum mehr unterscheiden lassen (Fig. 5 und folg. auf Taf. XIV). Ich fand solche Bilder in einem Falle sogar schon auf Schnitten durch die Wurzel eines noch ziemlich jungen Stolo (Fig. 5). Während alle anderen Theile noch auf einer niederen Ausbildung stehen geblieben waren, zeigte sich das Entoderm bereits in zwei seitliche Partien zerfallen, deren Verbindung nur durch einen Zellstrang hergestellt war. Ähnliche Verhältnisse hat Salensky vorwiegend auf seinen Schnitten gefunden, und es ist begreiflich, dass ihm dann der ursprüngliche Zusammenhang mit den beiden vertikalen Entodermstämmen und die gemeinsame Herkunft aus dem einfachen Entodermrohre des jungen Stolo hat entgehen können. Übrigens habe ich auf bedeutend älteren Entwicklungsstadien die beiden Lamellen des horizontalen entodermalen Verbindungsastes sehen können. Dieselben umschlossen oft einen ziemlich ansehnlichen Hohlraum (Fig. 3—10 auf Taf. XV), der sich aber an der Einmündung in die vertikalen Entodermröhren verjüngte. Es ist nun leicht möglich, dass das Auseinanderweichen der beiden Zellschichten durch die Reagentien künstlich hervorgerufen wurde und zwar bis zu dem Maasse, dass die neurale Blutbahn stellenweise beinahe ganz verdrängt wurde; jedenfalls ist aber dadurch die Kontinuität der gesammten Anlage erwiesen.

Verwickelter sind die Vorgänge in den vertikalen Entodermästen, die sich weiterhin in das gesammte Entoderm der Kettensalpen verwandeln.

Der neurale Theil der Falten, der natürlich ohne deutliche Grenze in den hämalen übergeht und nur der übersichtlicheren Darstellung wegen von diesem unterschieden und gesondert abgehandelt wird, bleibt nur anfangs und nur in der in den hämalen Abschnitt übergehenden Region durch die ganze Länge des Stolo ein einheitlicher Raum. Gegen das Nervenrohr zu gliedert er

sich jederseits in ebensoviele Abschnitte als Knospen auftreten. Diese Gliederung ist das Resultat zweier in demselben Sinne wirkender Prozesse. Einmal schnüren die Furchen, welche an der Aufsenseite des Stolo auftreten und die einzelnen Knospen von einander abgrenzen, bei ihrem in die Tiefe Wachsen die Entodermfalten ein, dann aber wachsen auch diese in einzelnen, allerdings durch die Furchung bedingten sackförmigen Fortsätzen gegen das Nervenrohr zu. So zeigen also die aufeinanderfolgenden Querschnitte das Entoderm von wechselnder Ausdehnung, bald dem Nervenrohr genähert (Fig. 4 Taf. XIV), bald entfernter von diesem endigend (Fig. 2 u. 3). Wenn wir uns nun daran erinnern, dafs die Knospenreihen an den beiden Seiten des Stolo einander nicht vollkommen genau gegenüberstehen, sondern mit zunehmendem Alter eine genau abwechselnde Stellung einnehmen, weil nach und nach der hämale Abschnitt der entgegengesetzten Stoloseite in die Individuen der anderen übergeht, so werden auch die Verhältnisse klar werden, welche man an den nahezu senkrecht zur Längsrichtung des Stolo geführten Schnitten zu sehen bekommt. In Fig. 12 auf Taf. XIII ist der neurale Entodermsack auf der rechten Seite in seiner ganzen Ausdehnung durchschnitten, auf der linken dagegen ist er nur sehr klein, und das umgekehrte Verhältnifs zeigt sich in Fig. 1 auf Taf. XIV, wo der linke Entodermsack sich bis dicht zum Nervenrohre erstreckt. Ich will nicht unterlassen, hier darauf aufmerksam zu machen, dafs der Stolo, dem die eben beschriebenen Schnitte entnommen sind, in Bezug auf diese durch das Auftreten der Querfurchung direkt hervorgerufenen Entwicklungsvorgänge sich weiter ausgebildet zeigt als ein anderer Keimstock, dessen Querschnitte in Fig. 2—4 gezeichnet sind. Dieser repräsentirt dagegen in Bezug auf die Theilung des Entoderms in eine rechte und linke Hälfte, welche durch einen nur schmalen Spalt verbunden sind, ein vorgeschritteneres Stadium.

Die beiden hämalen Entodermfalten haben wir schon in den allerersten Stadien der Stolobildung (Fig. 1—6 Taf. XIII) auftreten und durch die ganze Länge des Stolo kontinuirlich sich erstrecken sehen. Ganz ebenso wie in der neuralen Region des Stolo mit dem Auftreten der knospenbildenden Querfurchen ein Zerfall in einzelne Entodermsäcke verbunden ist, findet dies auch im hämalen Abschnitte statt. Ich habe oben bereits darauf hingewiesen, dafs an der hämalen Seite die Furchen der einen Seite auf die andere hinübergreifen, so dafs in dieser Region jederseits die doppelte Zahl wulstförmiger Streifen vorhanden ist und zwar breitere und

schmälere in abwechselnder Stellung. Je ein breiter und ein schmaler Streifen der gegenüberliegenden Seiten gehen in die Bildung eines Thieres über. Demgemäfs werden dann auch, wenn die Furchen sich vertiefen und zur Abschnürung der einzelnen Knospen führen, in der hämalen Region des Stolo jederseits doppelt so viele Entodermsäcke entstehen müssen als in der neuralen, und zwar werden in Übereinstimmung mit der wechselnden Breite der Streifen gröfsere und kleinere Entodermsäcke auf den beiden Seiten des Stolo in alternirender Stellung einander folgen. An ihren oberen Enden gehen alle diese Entodermfalten mit den neuralen gemeinsam in den horizontalen Verbindungsstrang des Entoderms über, an welchem sie wie seitliche Fransen herabhängen (vgl. die Fig. 3—10 auf Taf. XV).

Es beruht also das Auftreten einer doppelten Anzahl von Entodermfalten in der hämalen Region darauf, dafs hier der Stolo in seiner ganzen Breite in die hinteren Leibesabschnitte der einzelnen Knospenthiere übergeht, während in der neuralen mit Ausnahme des Nervenrohres immer nur die linke oder rechte Hälfte zum oberen Theile der Knospe resp. zum vorderen Körperabschnitte des Kettenthieres sich umbildet. Um diesen Prozefs der vollständigen Theilung der hämalen Stoloregion in aufeinander-

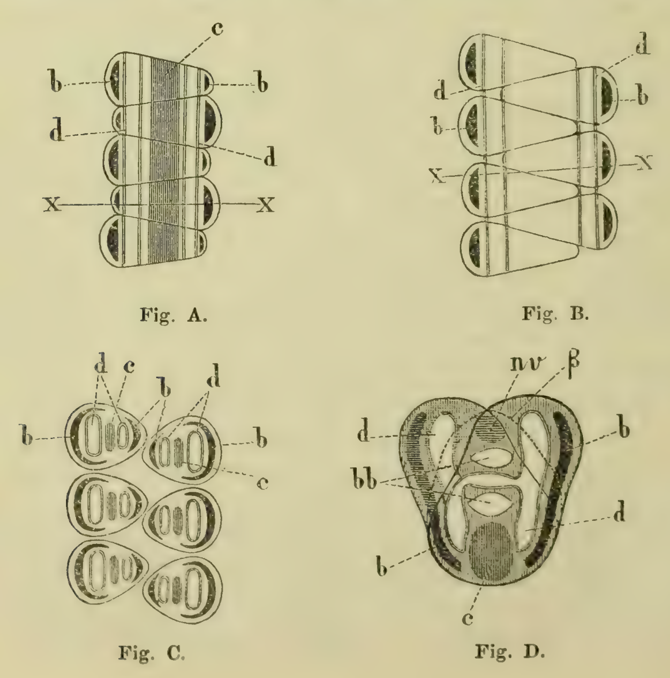


Fig. A. Fig. B.

Fig. C. Fig. D.

folgende Abschnitte und den Gegensatz zu den Entwicklungsvorgängen im oberen Theile ganz klar zu machen, will ich einige schematische Abbildungen einschalten, die mit den Zeichnungen auf Taf. XVII eine richtige Vorstellung werden geben können.

In *A* ist ein Längsschnitt durch den hämalen Theil des Stolo abgebildet; in der Mitte verläuft der Eierstockstrang (*c*), zu beiden Seiten die Entodermfalten (*d*), die hier als kontinuirliche Hohlräume gezeichnet sind, und jederseits zu äufserst die Seitenstränge (*b*). Die den Stolo quer durchsetzenden, abwechselnd parallelen Linien zeigen die Richtungen an, welche die Furchen weiterhin nehmen, um die einzelnen Individuen zur Sonderung zu bringen. Dabei mufs festgehalten werden, dafs die Abgrenzung der einzelnen Knospen weniger durch ein Tieferwerden der seitlichen Furchen als vielmehr in erster Linie dadurch zu Stande kommt, dafs die Furchen vom äufsersten Ende, wo der Eierstockstrang verläuft, in der Richtung der angegebenen Linien genau gegen die neurale Region zu tief sich einsenken, um so eine Spaltung des Stolo zu erzeugen. Weiter neuralwärts aber am Stolo schreitet die Ausbildung der seitlichen Querwülste zu den Knospen vor, indem die Furchen immer tiefer werden (Schema *B*, das man unschwer mit Fig. 1 und 4 auf Taf. XVII in Übereinstimmung bringen kann), und es haben sich da bereits die Knospen vom Stolo gröfstentheils abgeschnürt, bevor noch die von der hämalen Seite vordringenden Furchen bis dahin gelangt sind. Die wulstförmigen Erhebungen, die von der rechten Seite auf die linke und von dieser auf die rechte hinübergewachsen waren, ziehen sich zwischen den eigentlichen Knospen noch eine Strecke weit — es kommen zahlreiche individuelle Variationen vor — neuralwärts hin und erzeugen die Zwischenstücke, die auf dem Schnitte zu sehen sind, der in Fig. 8 Taf. XVII abgebildet ist. Diese Zwischenstücke sind also die neuralen Fortsätze der Wülste, welche im hämalen Abschnitte später in das hintere Leibesende des jungen Knospenthieres, das der entgegengesetzten Seite des Stolo angehört, mit hineinbezogen werden.

Sobald die hintersten Körperabschnitte der Knospenthiere am hämalen Stolotheil durch die eben beschriebenen Furchen zur Sonderung gelangt sind (*A*), beginnen die Theile mehr auseinanderzurücken, indem gleichzeitig die etwas langgezogene Form auf dem Querschnitte in eine der Kreisform sich nähernde übergeht (Schema *C*). Eine jede Knospe enthält also in ihrem hinteren Abschnitte zwei getrennte Entodermsäcke von verschiedener Gröfse,

das eine der rechten, das andere der linken Entodermfalte des Stolo entstammend, dazwischen ein Theilstück des Eierstockstranges und jederseits ein Derivat der beiden Seitenstränge des Stolo.

Noch besser vielleicht wird der schematische Querschnitt (*D*) durch einen Stolo diese Verhältnisse klarmachen. Man mufs sich den Schnitt in der Ebene ausgeführt denken, welche durch die Linien *x-x* im Schema *A* und *B* angedeutet werden. Neural ist das Nervenrohr (*nv*), welches allerdings in diesem Stadium in Wirklichkeit nicht mehr diese Lagebeziehung hat, hämal der Eierstockstrang (*c*) getroffen. Die beiden Blutbahnen (*bb*) sind eingezeichnet, das Entodermrohr (*d*) erscheint *H*förmig, zu den Seiten liegen die Seitenstränge (*b*). Man erkennt auf der Abbildung durch die verschieden starke Schattirung den Antheil, welcher einem rechtsseitigen oder linksseitigen Individuum zukommt, und sieht, dafs ein jedes zwei hämale und einen neuralen Entodermsack besitzt und dafs ebenfalls Theilstücke beider Seitenstränge im hinteren Leibesabschnitte der jungen Knospen sich vorfinden. Durch den unterbrochenen Kontur (β) soll — soweit sich dies feststellen läfst — der Umfang des ursprünglichen Stolo angedeutet werden. So wird das Hervorknospen der beiden neuralen Reihen von buckelförmigen Erhebungen an demselben, durch welche die einzelnen Knospen eine merkliche Längsstreckung erfahren, verständlich werden. Doch können diese Verhältnisse theilweise erst weiter unten zur Besprechung kommen.

Es wird nun nicht schwer fallen können, die eben auseinandergesetzten Entwicklungsvorgänge an Querschnitten durch verschiedene Stolonen zu prüfen.

Die beiden hämalen Falten sind bei ihrem ersten Auftreten in verschiedenen Stolonen von sehr wechselnder Ausdehnung. Oft bildet die hämale Längsfurche sofort lange Säcke, oft erscheinen diese selbst noch in späteren Entwicklungsstadien kurz (Fig. 11 und 12 Taf. XIII Fig. 1 Taf. XIV), um erst durch weiteres Längenwachsthum die Blutbahn zu umschlingen und sich in einzelne Zipfel auszuziehen. Stets aber dehnt sich das Entoderm bis an den hämalen Boden des Stolo aus und reicht dicht bis zum Eierstockstrang (Fig. 6—8 und 10 Taf. XIV). Bei Vergleichung dieser Abbildungen ergibt sich leicht, dafs das Entoderm bereits in einzelne Säcke zerfallen ist, welche rechts und links am Stolo in einer zu diesem nicht genau senkrechten Richtung verstreichen. Diese Schiefstellung wird natürlich an den Querschnitten daran zu erkennen sein, dass das Lumen der Entodermsäcke auf einer

Schnittfläche hämal und neural eine verschiedene Ausdehnung besitzt. Die alternirende Stellung an den beiden Seiten des Stolo zeigt sich deutlich in Fig. 7 und 11 auf Taf. XIV.

Bei ihrem ersten Auftreten waren die Falten so gerichtet, dafs sie neuralwärts konvergirten (Fig. 1—6 Taf. XIII). Später nähern sie sich bei ihrem weiteren Wachsthum hämal umsomehr als der Eierstockstrang sich in dem länger werdenden Stolo immer mehr ausdehnt und im Querschnitte dünner wird (Fig. 11 und vorherg. Taf. XIV). Wenn nun weiterhin im neuralen Theile das Auseinanderweichen der Knospen vorschreitet, während die Hintertheile derselben noch ineinandergeschoben erscheinen (Fig. 5 u. folg. Taf. XV), ist der Verlauf der Entodermsäcke in den gegenüberliegenden Knospenreihen zu einem hämalwärts konvergirenden geworden. In den Abbildungen 7, 8 und 10 auf Taf. XV ist zu sehen, wie der kleine, hämale Entodermsack der linken Seite bei dem Auseinanderweichen der hämalen Stolostücke zu den beiden Knospenreihen in das rechts gelegene Thier übergeht. Seine vollständige Abschnürung von dem horizontalen Aste des Entoderms, der gleichsam die Axe repräsentirt, in deren Umkreise zuerst neural, dann hämal die Sonderung in die Individuen vor sich geht, erfolgt nicht überall vollständig gleichzeitig. Der Zusammenhang ist in Fig. 10 noch sehr deutlich zu sehen; aber auch viel später noch, wenn die hinteren Leibesenden der Knospenthiere sich isolirt haben und auseinandergerückt sind, wie es in dem Schema *C* deutlich gemacht ist, kann man die Öffnungen in den horizontalen Entodermkanal manchmal noch sehen (Fig. 1, Taf. XVI).

Wenn man sich die Art und Weise des Auseinanderweichens der hinteren Leibesenden der Knospen, wie sie die schematische Figur *C* versinnlicht, vorstellt und bedenkt, dafs dieselben in ihrem Umfange gleichzeitig zunehmen, so werden die Verhältnisse wohl klar werden, welche an den Querschnitten durch diese Stadien des Stolo angetroffen werden. In Fig. 11 auf Taf. XV und in Fig. 1—4 auf Taf. XVI sind die hämalen Enden der Knospen bereits so weit auseinandergerückt, dass auf gewissen Schnitten alle vier Entodermsäcke, je zwei einem Individuum angehörend, sichtbar werden. Neural ist die Sonderung der einzelnen Knospen noch mehr vorgeschritten, und die Furchen beginnen bereits abwechselnd rechts (Fig. 1—3 Taf. XVI) und links die zentrale, gemeinsame Region der Blutbahnen des Stolo zu umgreifen.

Hiermit schliesse ich die Beschreibung der Entodermentwicklung in der Knospe. Ich will nur nochmals wiederholen, dass wir also in jeder jungen Knospe zwei Entodermsäcke finden; einen grossen äusseren, der von allem Anfange an auf derselben Seite des Stolo entstand, auf welcher die betreffende Knospe liegt, der sich durch die ganze Länge des jungen Kettenthieres hindurchzieht und in seiner mittleren Region in den horizontalen Entodermast mündet, so dass ein neuraler und hämaler Theil unterschieden werden konnte. Der zweite Entodermsack ist der kleinere und innere und entstammt einer Ausstülpung oder Falte des Stoloentoderms, welche auf der entgegengesetzten Seite der grossen auftrat. Bei der vorschreitenden Isolirung der einzelnen Kettenthiere verliert er lange vor dem äusseren Entodermtheile jede Kommunikation mit dem Horizontalaste und liegt als allseitig geschlossenes Gebilde in der jungen Kettensalpe (vgl. Fig. 5 und 6 Taf. XVI).

Der Eierstockstrang.

Obwohl es mir in der vorliegenden Untersuchung in erster Linie darauf ankam, die Genese der Organe der Kettensalpen aus den Gebilden des Stolo festzustellen und diese auf die Gewebe des Embryo zurückzuführen, habe ich doch auch den histologischen Vorgängen bei der Bildung der Eizelle selbst einige Aufmerksamkeit geschenkt und will in diesem Kapitel meine Beobachtungen darüber vorbringen. Ich bin mir zwar sehr wohl bewusst, dass dieselben über die feinsten Details der Kernumbildung nicht ausreichend sind und in Bezug auf die Ausführlichkeit namentlich in der Anwendung der verschiedenen Konservirungs- und Färbungsmethoden mit den neuesten Arbeiten, welche die Bildung der Eizelle monographisch behandeln, nicht konkurriren können. Nichtsdestoweniger glaube ich, in den wesentlichsten Punkten mit einiger Sicherheit meinen Präparaten vertrauen zu dürfen, so namentlich in der Frage nach der Herkunft der Follikelzellen.

Die älteste Angabe rührt von H. Müller [1]) her, welcher beschreibt, dass der Follikel des Eies aus einer Ausstülpung der Kiemenhöhlenwandung hervorgehe. Es scheint aber diese an und für sich unwahrscheinliche Mittheilung zu keiner allgemeinen Geltung gelangt zu sein, und schon im folgenden Jahre hat

---

[1]) H. Müller, „Bericht über einige im Herbste 1852 in Messina angestellte vergleichend-anatomische Untersuchungen". Zeit. f. w. Zool. Bd. IV. 1853. p. 331.

LEUCKART[1]) Follikel, Eileiter und Ei aus einer gemeinsamen Anlage, die er als Zellhaufen sah, hervorgehen lassen, wie es ja in der That auch der Fall ist. TODARO hat später (l. c. p. 781 und 782) die Entstehung aus einem mesodermalen Zellhaufen bestätigt und glaubt ebenfalls, dass eine der zentral gelegenen Zellen zum Ei, die anderen zum Follikel würden. Doch sah TODARO, gleichwohl er die Knospung an Querschnitten durch Stolonen studirt hat, das erste Auftreten der Eierstocksanlage erst in ziemlich vorgeschrittenen Knospen. Eingehender hat bald darauf SALENSKY[2]) die Umbildung des Eierstockstranges verfolgt. Er lässt denselben in zwei Partien zerfallen: in eine neurale solide, in welcher die Eier durch theilweise Verschmelzung von Zellen und deren Kernen entstehen und in die einzelnen Knospen rechts und links hin übertreten; und eine hämale, welche auf dem Querschnitt als ein Zellring erscheint und sich weiterhin zum gesammten Entoderm der Knospen umbildet. Obwohl SALENSKY keine genaueren Mittheilungen gemacht hat, so scheint doch aus seinen Abbildungen hervorzugehen, dass Follikel und Eileiter aus den Zellen der neuralen Partie direkt entstehen. Es liessen sich somit diese Beobachtungen mit H. MÜLLER's Angaben von der Entstehung des Follikels aus der Athemhöhlenwandung in Uebereinstimmung bringen. — BROOKS hat bereits in seiner ersten[3]) Arbeit die Entstehung der weiblichen Geschlechtsprodukte aus Zellen der Eierstockstränge im Stolo selbst behauptet, ohne allerdings dafür genügende Beweise gegeben zu haben. Ueber die Umbildung der Zellstränge zu den Ovarien der Kettensalpen, über die Bildung des Follikels und Eileiters fehlt jede nähere Angabe. In einer späteren Untersuchung[4]) hat er dann die inzwischen von SALENSKY veröffentlichten Beobachtungen und die alten Angaben KOWALEVSKY's über die frühe Bildung der Eizellen im Stolo selbst und die Wanderung in die Knospen bestätigen können.

Wir haben den Eierstockstrang als ein mächtiges Gebilde kennen gelernt, welches den Stolo hämal in der Medianebene durchzieht. Bei dem ausserordentlich bedeutenden Längenwachsthum des ganzen Stolo zieht er sich, nachdem er frühzeitig die

---

[1]) R. LEUCKART, „Zoologische Untersuchungen". 2. Heft p. 75.

[2]) SALENSKY, „Ueber die Knospung der Salpen". Morph. Jahrb. III.

[3]) BROOKS, „The Development of Salpa". Bull. of the Museum of comp. Zool. at Harvard College Cambridge Mass.

[4]) Derselbe, „The origin of the eggs of Salpa". 1882.

direkte Verbindung mit dem Mesoderm des Embryo verloren hat, zu einem viel dünneren Zellstrange aus, indem dadurch gleichzeitig die hämale Blutbahn an Ausdehnung gewinnen kann. Die verschiedene Differenzirung der mittleren und peripheren Partie habe ich bereits erwähnen müssen, und ich will nur hinzufügen, dass es mir nicht möglich war, nachzuweisen, dass — was mir überhaupt unwahrscheinlich dünkt — die zu Eiern werdenden Zellen nur von bestimmten, schon im Embryo gekennzeichneten Zellen ihren Ursprung nehmen. Das Mesenchym des Nucleus, welches in die Stolohöhle hineinwuchert, besteht zwar nicht aus durchaus gleichartigen Zellen. Weil ich aber nicht gesehen habe, dass die Zellen bei ihrer Einwanderung sich nach ihrer verschiedenen Grösse und Form im Stolo erst gruppirt hätten, muss ich wohl auch annehmen, dass nur durch die Lagebeziehungen im Eierstockstrange selbst die zentralen Partien allein zur Eientwicklung befähigt werden. Unter diesen selbst findet nun weiterhin eine natürliche Auslese statt, denn es lässt sich leicht feststellen, dass eine die spätere Eizahl um ein Mehrfaches übertreffende Anzahl von Zellen die ersten Umbildungen erfährt, welche zur Entstehung des Eies führen. Der grössere Theil der Zellen des Eierstockstranges wird aber entweder wieder rückgebildet und fliesst als Nährmaterial den sich entwickelnden Eizellen zu oder er bildet den Follikel und Eileiter. Ich muss wohl glauben, dass der Prozess der Rückbildung und Desorganisation der Zellen im Eierstockstrange bei andern Salpenspezies, so z. B. bei Salpa pinnata, noch mehr in den Vordergrund tritt als hier. Denn nur dann lassen sich die Angaben Todaro's verstehen, welchen zu Folge der ganze Strang zu Nährmaterial aufgelöst werden soll.

Die zentrale Partie des Eierstockstranges, deren Elemente theilweise zu Eiern werden, erscheint für's Erste von der peripheren keineswegs scharf abgegrenzt. Die Zellen sind grösser, ebenso die Nuclei, die aber an chromatischer Substanz relativ ärmer werden (Fig. 7 Taf. XII). Auf Querschnitten durch die Wurzel des Stolo findet man selbst in älteren Keimstöcken noch eine ganze Anzahl von Zellen getroffen, welche zu Eiern sich umzubilden scheinen (Fig. 9 Taf. XIII), während im distalen Abschnitte weit jüngerer Stolonen nur sehr wenige oder meistens nur eine Eizelle auf einem Schnitte zu sehen sind. Die Abbildungen auf der Taf. XIII zeigen eine Reihe solcher individueller Verschiedenheiten. Die die Eizellen umgebenden peripheren Zellen sind kleiner und besitzen einen in Pikrokarmin intensiv färbbaren runden Kern; die Zellgrenzen sind nur unbestimmt und stellen-

weise gar nicht nachweisbar. Die periphere Partie ist anfänglich stets mehrschichtig, später ordnet sie sich meist sehr bald im Umkreise des Eies zu einer einfachen Zellschicht an, die zum Follikel wird. Der Rest der ursprünglich peripheren Partie bildet den Eileiter und — was ich nicht mit Bestimmtheit zu behaupten wage — wahrscheinlich den Hoden. Alle Zellen der zentralen Partie, die zwar anfangs den Weg zur Eientwicklung genommen haben, aber zu einem Ei sich nicht ausbilden konnten, fliessen als Nährmaterial den anderen begünstigteren zu, indem sie rückgebildet werden und ihre Substanz desorganisirt. Eine Rückbildung solcher junger Eizellen zur Ausgangsform oder eine Umbildung zu einer anderen, weiterhin noch lebensfähigen Zelle scheint mir ausgeschlossen (vgl. Fig. 9 Taf. XIII). Dass unter normalen Verhältnissen auch die peripher gelagerten Zellen mit kleinerem, leicht tingirbarem Nucleus theilweise rückgebildet würden, glaube ich nicht, vielmehr scheinen mir die um ein Bedeutendes kleineren Zellen des Eileiters mit Sicherheit darauf hinzuweisen, dass diesen Zellen ein reges Theilungsvermögen zukommt. Die zentral gelegenen aber verlieren diese Fähigkeit der Vermehrung durch Theilung, sobald sie einmal die ersten Umbildungen erfahren haben, welche zur Eientwicklung führen.

Rechts oben in Fig. 14 auf Taf. XIV sind drei Zellen aus dem Eierstockstrang gezeichnet, welche noch indifferenten Charakter zeigen. Ob diese Zellen durch frühere Theilung aus einer Mutterzelle hervorgegangen sind oder sich aneinandergelagert haben, kann ich nicht angeben. In dem folgenden, dicht darunter gezeichneten Stadium erscheinen zwei Kerne (*n*) in einer gemeinsamen Plasmamasse eingeschlossen. Dieselbe ist bedeutend grösser als die einer noch indifferenten Zelle. Die Kerne liegen dicht aneinander, sind bedeutend grösser geworden, zugleich aber relativ ärmer an chromatischer Substanz. Jeder Kern besitzt einen mässig grossen, sehr stark färbbaren Nucleolus (*n'*).

Dies eben beschriebene und ähnliche Stadien, in welchen einander berührende Kerne mit oder ohne Nucleolus in einer gemeinsamen Plasmamasse eingeschlossen sind, scheinen mir darauf hinzudeuten, dass auf dem ersten Stadium Verschmelzungen von Zellen vorkommen können, indem die gleichwerthigen Theile ineinanderfliessen. Dieser Vorgang ist von der Aufnahme rückgebildeter, desorganisirter Zellsubstanz als Nährmaterial in die werdenden Eier wohl zu unterscheiden. Als Theilungsvorgänge von Zellen kann ich diese Bilder nicht deuten.

Ein weiteres Stadium der Umbildung zeigt die unterste rechte Zelle derselben Figur. Der Nucleus hat bedeutend an Volumen gewonnen, erscheint aber noch schwächer gefärbt. In seinem Inneren trägt er eine grössere Anzahl von stark gefärbten Körperchen, die eine sehr wechselnde Grösse besitzen, mir aber von einander qualitativ nicht verschieden zu sein schienen. In den beiden grösseren linken Zellen dieser Figur sind die Eizellen als solche bereits deutlich zu erkennen. Der Nucleus ist ein grosses, helles, bläschenartiges Gebilde, das keine eigene Membran besitzt. Neben grösseren, meist wandständigen Körperchen finden sich zahlreiche feine und feinste Körnchen im ganzen Nucleus zerstreut. Das Eiplasma ist um den Nucleus herum zu einer ringförmigen Zone verdichtet. Jedoch sah ich eine scharfe Sonderung der Eisubstanz in eine hellere periphere und dichtere zentrale nur einige Male an Präparaten, die einer besonders intensiven Osmiumbehandlung unterworfen worden waren (vgl. Fig. 13 Taf. XIV).

Die geschilderten Veränderungen im Nucleus der sich entwickelnden Eizelle scheinen mir als die natürlichste Deutung nur folgende zuzulassen. In den jungen noch undifferenzirten Zellen des Eierstockstranges besteht der Nucleus aus stark verdichteter chromatischer Substanz. Das Grösserwerden des Kernes kann vielleicht am besten mit einem Aufquellen verglichen werden, das durch Aufnahme flüssiger Substanzen aus dem umgebenden Plasma erfolgt, welche weiterhin zum Kernsafte werden. Während dieses Vorganges löst sich die Chromatine des ursprünglichen Nucleus in einzelne Körner auf, deren grössere als Nucleoli bezeichnet werden. Eine Kern- und Eimembran sind nicht zur Ausbildung gelangt. Ueber die Grössenzunahme der Zellen und Kerne kann man sich ohne Weiteres an der Fig. 14 orientiren.

Es stammt, wie erwähnt, diese Zeichnung aus einem Querschnitte durch die Stolowurzel. Im distalen Ende liegen dagegen bereits sehr frühzeitig die Eier einzeln hintereinander, sodass auf dem Querschnitte nur ein oder zwei Eizellen zu treffen sind. Der in Fig. 16 Taf. XIV abgebildete Längsschnitt zeigt die perlschnurartige Anordnung der Eizellen. Für's Erste ist auch dann noch die Zahl der Eizellen grösser als die der seitlichen Knospen, bis durch weitere Rückbildung der ersteren die Übereinstimmung herbeigeführt wird. Aus der eben angezogenen Fig. 16 ergibt sich auch, dass die Eizellen nach vorn und hinten zu im Stolo aneinanderstossen und nur im Umkreise von der peripheren, röhrenförmigen Zelllage umschlossen werden (Fig. 15). Weiterhin erst

schnürt sich diese vor und hinter jedem Ei oder jeder zu Einem Ei verschmelzenden zentralen Zellgruppe ein, sodass das Ei von einer Zellkapsel umschlossen ist, die aus den ursprünglich peripheren Zellen sich zusammensetzt und den Eifollikel darstellt.

Doch muss ich, um diesen Vorgang und den Beginn der Bildung des Eileiters deutlicher zu machen, zur Beschreibung der Querschnitte zurückkehren.

Nur ein Theil der peripheren Partie des Eierstockstranges bildet sich zum Follikel um. Sehr bald nämlich lassen sich an dem Eierstockstrange zwei Theile unterscheiden: ein hämaler und ein neuraler, deren Grenze durch zwei seitliche Längsfurchen gekennzeichnet ist. In dem Zentrum der hämalen Partie liegen die jungen Eizellen, die neurale ist zum grössten Theil aus den peripherischen Zellen zusammengesetzt, zwischen welche aber Eizellen mit eingewandert sein können (Vgl. Fig. 12 und 13 auf Taf. XIV), die aber stets eine Rückbildung weiterhin erleiden müssen. Die neurale Partie bleibt mit der peripheren Schicht der hämalen stets im Zusammenhange (Fig. 6 und fg., Taf. XIV). Wenn der hämale Strang, wie oben bereits erwähnt, in einzelne Kapseln zerfällt, deren Mitte von der Eizelle eingenommen wird, betrifft die nämliche Gliederung auch den neuralen Theil, so dass der gesammte Eierstockstrang in eine Reihe gleicher Theilstücke zerfallen erscheint, deren jedes aus dem hämalen Ei mit Follikel und einem neuralen Zellhaufen besteht. Die Ursache für diesen segmentalen Zerfall ist in dem Vorschreiten der hämalen und seitlichen Querfurchen des Stolo zu suchen, durch welche die einzelnen Individuen von einander abgegrenzt werden.

Die Zellen des Follikels werden, wie dies die Abbildungen auf Taf. XIV zeigen, zu einem Plattenepithel, das die Eizelle dicht umschliesst; die der neuralen Partie, die ja ursprünglich den peripheren des hämalen Abschnittes vollständig glichen, vermehren sich durch Theilung, bleiben aber nahezu kubisch und bilden weiterhin die Wandungen des Eileiters.

Ich muss hier auch der Eigenthümlichkeit gedenken, dass die Umbildung der Follikelzellen zu einem Plattenepithel oft sehr spät erfolgen kann, und ich verweise auf die Fig. 2 Taf. XV, die das Ei hämalwärts von einem Zylinderfollikel umschlossen zeigt. Der Übergang zu Plattenzellen dürfte mit einer Substanzabgabe an das Ei verbunden sein.

Das ganze Gebilde liegt ursprünglich in der Medianebene des Stolo zwischen den beiden Entodermfalten desselben, neural-

wärts bis an die hämale Blutbahn sich erstreckend, und nimmt also, in der Hauptaxe der späteren Kettenindividuen gelegen, den hintersten Leibesabschnitt derselben ein (Fig. 2 und 3, Taf. XV). Wenn dann die Entodermfalten in der im vorhergehenden Abschnitte beschriebenen Weise gebildet sind, liegt die Eikapsel mit der Eileiteranlage zwischen dem grossen und kleinen Entodermsacke, die ein und demselben Kettenindividuum angehören (Fig. 10 und 12 auf Taf. XV). Bei dem Auseinanderweichen der gesammten Individuen am Stolo entfernen sich natürlich auch die Ovarien nach rechts und links immer mehr von der Mittellinie (Fig. 11, Taf. XV, Fig. 1 und folg., Taf. XVI). Ausser dieser Lageveränderung gegen die Hauptaxe des Stolo, welche mit allen Organen der Kettenthiere in gleicher Weise erfolgt, erfährt der weibliche Geschlechtsapparat noch eine besondere im Verhältniss zu den anderen Organen der Salpe, deren Beschreibung weiter unten geschehen soll, wenn die Umbildung der Knospen zu Salpenthieren beschrieben wird.

Salensky hat von der Entwicklung des Eierstockstranges eine andere Darstellung gegeben. Er zerfällt nach ihm in eine obere und untere Partie; die obere wird zum Ovarium, die hämale theilt sich später in eine rechte und linke, welche zur Athemhöhle und zum Darmtraktus jederseits sich ausbilden. Seine obere Partie entspricht jedenfalls dem ganzen von mir beschriebenen Gebilde, dem Ei also mit Follikel und der neural gelegenen, soliden Eileiteranlage. Den von Salensky als unteren Abschnitt beschriebenen Theil des Eierstockstranges, der eine den Stolo durchsetzende Röhre sein soll, habe ich in dieser Form nicht auffinden können. Dagegen sah ich auf gewissen Querschnitten durch noch ziemlich junge Stolonen hämal in der Medianebene ein Gebilde getroffen, welches höchst wahrscheinlich mit dem von Salensky als die Anlage der Entodermschicht der jungen Knospen gedeuteten identisch sein dürfte. In den Figuren 3 und 4 auf Taf. XIV erscheint die hämale Zone der peripheren Partie des Eierstockstranges beträchtlich verdickt. In Fig. 11 Taf. XIII liegt an der nämlichen Stelle bereits ein Zellhaufen, der sich vom neural gelegenen Eierstockstrang, von dem er sich abgetrennt hat, schon wohl unterscheiden lässt. Ich habe mich nicht überzeugen können, dass dieser und die folgenden segmental im Stolo angeordneten Zellhaufen Theile eines den Stolo kontinuirlich durchsetzenden Stranges seien und glaube daher, dass sie überall selbständig sich abspalteten und zwar in der Zahl der am Stolo auftretenden Knospen.

In weiteren Entwicklungsstadien der Knospen, wenn der übrige Theil des Eierstockstranges sich in einzelne Kapseln bereits gesondert hat, fand ich jene hämalen Stücke des Stranges auf den Schnitten wieder, welche zwischen die Eikapseln fielen (Fig. 10, Taf. XIV). In der Folge aber konnte ich diese Gebilde nicht mehr in ihrer kontinuirlichen Entwicklung beobachten und stelle es daher nur als sehr wahrscheinlich hin, dass die mit *h* bezeichneten Organanlagen in den Figuren 3 und 4 auf Taf. XVI aus den hämalen Zwischenstücken des Eierstockstranges hervorgegangen seien. Aus jenen aber entwickelt sich der Hoden der Kettensalpe.

In Bezug auf die Entstehung der Eizelle selbst stimme ich vollkommen mit Salensky überein, der dieselbe aus einer Zelle des Eierstockstranges hervorgehen lässt, die auf Kosten der Nachbarzellen sich entwickelt. Ich bin aber mehr geneigt, eine Verschmelzung der Zellen nur in beschränkterem Maasse anzunehmen und die in die Eizelle überfliessenden Substanzen der Nachbarzellen bereits für desorganisirt anzusehen. Dagegen muss ich eine Theilung oder Knospung solcher Zellen des Eierstockstranges, welche bereits als junge Eizellen erkennbar sind, in Abrede stellen und daher auch die Entstehung des Follikels aus der Eizelle für ganz ausgeschlossen halten. Diese ist vielmehr stets von Zellen der peripheren Partie des Eierstockstranges umgeben, welche sich durch ähnliche Stadien, wie sie in Fig. 12 und 13, Taf. XIV abgebildet sind, in den bleibenden Follikel umwandeln. Wäre dieser eine Neubildung, die aus dem Ei hervorgeht, so müsste man später entweder zwischen dem ursprünglichen Follikel und dem Ei eine zweite Zellschicht oder ein Stadium auffinden können, in welchem ein Follikel überhaupt fehlt, weil der alte rückgebildet, der neue aber noch nicht entstanden ist; oder man müsste zu der etwas künstlichen Annahme seine Zuflucht nehmen, dass der neue Follikel genau an den Stellen und immer in gleichem Maasse sich neubildet als der alte schwindet.

Es steht die eben geschilderte Entwicklungsweise der Eier und ihrer Follikel in scharfem Gegensatze zu den in neuester Zeit an Ascidien und anderen Tunikaten von Fol[1]), Ulia-

[1]) H. Fol, „Sur l'origine des cellules du follicule et de l'ovule chez les Ascidies et chez d'autres animaux". Comp. rend. 28. Mai 1883.

Derselbe, „Sur l'oeuf et ses enveloppes chez les Tuniciers". Rec. zool. suiss. Tom. I 1883.

nin [1]), Roule [2]), Sabatier [3]) und anderen Forschern angestellten Beobachtungen, welche bekanntlich nicht nur die Testazellen, sondern auch den Follikel vom Ei ableiten. Ähnliche Beobachtungen über den Ursprung der Follikelzellen liegen auch über Insekteneier vor [4]), so dass es gegenwärtig recht schwer erscheint, über die Natur und morphologische Bedeutung der Eier in den verschiedenen Thierklassen eine einheitliche Auffassung gewinnen zu können.

Wenngleich auch diese Beobachtungen noch sehr unvollständig sind, so dass sich theoretische Betrachtungen von nur unsicherem Werthe daran knüpfen lassen, scheinen mir dennoch einige derselben eine Deutung zuzulassen, die mit den alten Anschauungen über den Vorgang der Eibildung sich ganz gut in Übereinstimmung bringen lassen dürfte. Ich glaube, dass man die jungen Zellen des Eierstockes, welche durch Theilung oder Knospung andere Zellen hervorgehen lassen, welche zum Follikel sich umbilden, eben noch nicht als Eier bezeichnen und mit dem ältesten phylogenetischen, einzelligen Stadium homologisiren darf, auf welches das gesammte Thierreich zurückzuführen ist. Die Bildung des Follikels ist dann nicht als der Anfang der ontogenetischen Entwicklung, sondern vielmehr als die letzte Veränderung anzusehen, welche im Körper des beinahe vollständig ausgebildeten Metazoon vor sich geht, bevor dieses die definitiven Eizellen zur Sonderung bringt, in welchen die Art zu der uralten

---

H. Fol, „Remarques supplémentaires à mon mémoire sur l'origine de l'ovule chez les Tuniciers". ibid. 1884.

[1]) Ulianin, „Über die embryonale Entwickelung des Doliolum". Zool. Anz. Nr. 92 p. 473.

[2]) Roule, „La structure de l'ovaire et la formation des oeufs chez les Phallusiadées". Comp. rend. 9. Apr. 1883.

[3]) Sabatier, „De l'ovogénèse chez les Ascidies." Comp. rend. 19. März 1883.

Derselbe, „Sur les cellules du follicule de l'oeuf et sur la nature de la sexualité". Comp. rend. 18. Juni 1883.

Derselbe, „Sur les cellules du follicule et les cellules granuleuses chez les Tuniciers." Rec. zool. suiss. T. I 1884.

[4]) Ludwig Will, „Über die Entstehung des Dotters und der Epithelzellen bei den Amphibien und Insekten". Zool. Anz. 1884 Nr. 167, 168.

Derselbe, „Bildungsgeschichte und morphologischer Werth des Eies von Nepa cinerea und Notonecta glauca". Zeit. f. wiss. Zool. Bd. 41, 1885.

Balbiani, „Sur l'origine des cellules du follicule et du noyau vitellin de l'oeuf chez les Géophiles." Zool. Anz. 1883.

Stammform zurückkehrt. Ich sehe somit in dieser Follikelbildung nur eine Modifizirung und Fortsetzung der Zelltheilungsvorgänge, durch welche der vielzellige Eierstock überhaupt aus einer oder mehreren Furchungskugeln ontogenetisch entstanden ist. Es scheint mir darin keine Schwierigkeit gefunden werden zu können, dass die Zelltheilung auch dann noch weiterhin stattfindet, nachdem die betreffenden Zellen von den ausschliesslich somatischen sich gesondert haben und zur Bildung des Geschlechtsorganes bereits zusammengetreten sind. In den oben angeführten Beispielen ist es dann eben nur als ein eigenthümliches und besonders interessantes Verhältniss anzusehen, dass die ursprünglich gleichwerthigen Theilprodukte Einer Zelle des weiblichen Geschlechtsorganes stets sozusagen gruppenweise bei einander bleiben und zu Ei und Follikel sich differenziren, während man in den anderen Fällen der Eibildung Ei und Follikel nicht auf dieselbe Zelle des embryonalen Eierstockes zurückführen konnte. — Erst nach jenen letzten Theilungen ist die der phylogenetischen, einzelligen Stammform gleichwerthige Eizelle zur Sonderung gekommen, und es kann nur als ein cenogenetischer Vorgang gedeutet werden, wenn mit diesem Prozesse ein folgender verschmilzt, so dass Ei und Follikelzellen alsbald resultiren.

Es mag nun sein, dass spätere Beobachtungen die eben erwähnte Ansicht als unzulässig erscheinen lassen und die Mittheilungen der oben erwähnten Forscher vollauf bestätigen werden, dass nämlich wirklich Propagationszellen, die dem einzelligen phylogenetischen Stadium homolog sind, vor der Befruchtung andere Zellen aus sich hervorgehen lassen, welche hauptsächlich zum Follikel sich umbilden. Es wird sich dann sofort die Frage erheben, wie sich diese Zellen zu den Richtungskörperchen verhalten, und es scheint mir, dass sie wohl miteinander würden homologisirt werden müssen, wenngleich die feineren Details beim Zelltheilungsvorgang sich von einander unterscheiden. Sollten sich aber diese Unterschiede als wesentliche erweisen, so bleibt, wie mir scheint, als die natürlichste Lösung die, die von Bütschli [1]) gegebene morphologische Deutung der Richtungskörperchen nur auf jene Follikelzellen anzuwenden und für die Richtungskörperchen eine selbständige Entstehung anzunehmen, indem man ihnen, wie

---

[1]) Bütschli, „Gedanken über die Bedeutung der sogenannten Richtungskörperchen". Biol. Centr. Bd. IV, Nr. 1.

es Strasburger [1]), van Beneden [2]) und Andere thun, eine vorwiegend physiologische Bedeutung beimisst.

Es ist einleuchtend, dass unter diesen Voraussetzungen die aufeinanderfolgenden Stadien in der Eibildung und Reifung auf höchst wichtige phylogenetische zu beziehen sind, und es wird sich vielleicht als zweckmässig erweisen, dafür verschiedene Bezeichnungen einzuführen, wie dies ja für den Kern bereits geschehen ist. Es kommt aber doch nur darauf an, dass man sich der Verschiedenheiten bewusst bleibe und umso besser, wenn dies möglich ist, ohne die überaus reiche Terminologie noch mehr zu belasten.

Sobald man einmal Bütschli's Deduktionen anerkennt, mag man sie nun auf Richtungskörperchen oder Follikelzellen oder auch auf beide beziehen, so findet man in der Ontogenie der Metazoen jene ersten phylogenetischen Prozesse wieder, die vor dem Auftreten einer geschlechtlichen Vermehrung sich einstmals abgespielt haben. Darnach gewinnt eine alte Ansicht, welche die Entwicklung der Metazoen als einen Generationswechsel auffasst, eine neue Grundlage. Freilich erscheint dann der Generationswechsel in einer ganz anderen Form: die geschlechtliche Entwicklung führt zur Ausbildung des Metazoonkörpers und der Propagationszellen, welche aber erst der phylogenetischen Urform gleichwerthig sind, die sich noch ungeschlechtlich durch Theilung vermehrte. Das Resultat der ungeschlechtlichen Vermehrung im ontogenetischen Entwicklungscyklus sind die Geschlechtszellen, welche den einzelligen, aber bereits geschlechtlich differenzirten phylogenetischen Stammformen zu homologisiren sind, und ausserdem noch die Follikel- oder Polzellen.

Diese Auffassung von der Entstehung der Geschlechtszellen weicht von jener älteren, welche dieselben am Metazoonkörper hervorknospen lässt, erheblich ab. Dieses sogenannte Hervorknospen von Eiern und Spermatozoen war, wie mir scheinen will, eine sehr willkürliche Annahme. Denn es ist dann nur konsequent, wenn man alle vorhergehenden Zelltheilungen und füglich die Furchung selbst als ungeschlechtliche Zellvermehrungen auffasst und gerade die Entwicklung, welche man allgemein als eine ge-

---

[1]) Strasburger, „Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den Phanerogamen als Grundlage für eine Theorie der Zeugung". Jena 1884 p. 91 u. fg.

[2]) Van Beneden, „Recherches sur la maturation de l'oeuf, la fécondation et la division cellulaire". Arch. de Biol. 1883—1884.

schlechtliche bezeichnet, in eine unendliche Anzahl ungeschlechtlich auseinander hervorgegangener Generationen auflöst, die symbiotisch mit einander zu einem Thierstaat verbunden sind. Es ist dann auch ohne Weiteres klar, dass es eine geschlechtliche Vermehrung überhaupt nicht gibt, und dass die Bezeichnung geschlechtliche Entwicklung auf die eine Phase in der Ontogenie beschränkt bleibt, in welcher die Kopulation der geschlechtlich differenzirten Elemente erfolgt, was natürlich eine Verminderung der Geschlechtszellen zur Folge hat.

Ich breche hier diesen Gedankengang ab, weil mir eine ausführlichere Auseinandersetzung und Begründung hier nicht am Platze zu sein scheint und es überdies angezeigt sein dürfte, weitere Ergebnisse über die Bildung der Follikelzellen erst abzuwarten.

Das Nervenrohr.

Das neural den Stolo durchziehende Gebilde, das von Kowalevsky als Nervenrohr bezeichnet wurde, wandelt sich während dieser Entwicklungsperiode zu den nervösen Partien der einzelnen Knospen um. Auf dem Querschnitte erscheint es in den jungen Stadien nahezu kreisförmig. Die Wandung ist eine einfache Zellschicht, deren Elemente mehr oder minder abgestutzten Pyramiden gleichen. Das Lumen liegt nicht genau zentral, sondern ein wenig hämalwärts verschoben, weil die neurale Wand aus höheren Zellen besteht. Sehr bald geht der kreisförmige Querschnitt in einen elliptischen über, dessen Längsaxe auf der Medianebene des Stolo senkrecht steht (Fig. 5 und folg., Taf. XIII).

Es treten nun an dem Rohre an den durch die äusseren Querfurchen des Stolo bestimmten Stellen Einschnürungen auf, so dass es nunmehr aus eben so vielen gangliösen Anschwellungen besteht, als Knospen sich am Stolo ausbilden. Die Verbindung ist für's Erste noch nirgend unterbrochen, sehr bald aber schreitet die Sonderung so weit vor, dass die Höhlungen, welche in den gangliösen Erweiterungen liegen, nicht mehr miteinander kommuniziren, und dass die einzelnen segmental angeordneten Portionen nur durch einen Zellstrang mit einander verbunden erscheinen. Die Wandungen bleiben jetzt nicht mehr durchwegs einschichtig.

In den Figuren 11 und 12 auf Taf. XIII und 1 auf Taf. XIV und ebenso bei Vergleichung der Schnitte 2 bis 4 auf Taf. XIV lässt sich die Umbildung des Nervenrohres in eine Ganglienkette

erkennen. In beiden Fällen scheinen die Ganglienhöhlen bereits vollständig isolirt zu sein.

Gleichzeitig mit diesen Veränderungen tritt eine Verschiebung der einzelnen gangliösen Partien in der Weise auf, dass die aufeinanderfolgenden Stücke abwechselnd nach links und rechts hin aus der Medianebene auseinanderweichen, um in die alternirenden Knospenreihen einbezogen zu werden.

In Fig. 9 auf Taf. XIV habe ich zwei Schnitte, welche durch die Mitten zweier aufeinanderfolgenden gangliösen Anschwellungen geführt worden sind, zu einem Bilde kombinirt, damit die Lageverschiebung der Ganglien aus der Medianaxe ersichtlicher werde. Durch Vergleichung der in gleichem Sinne orientirten Figuren 6, 7, 10 und 11 auf Taf. XIV wird eine ähnliche Vorstellung gewonnen werden können.

Leider ist es mir nicht möglich gewesen, das weitere Auseinanderweichen der gangliösen Partien kontinuirlich zu verfolgen. Salensky hat eine Anzahl von Abbildungen gegeben, welche die Entwicklung zu den Ganglien der beiden seitlichen Individuenreihen versinnlichen. Meine Beobachtungen weichen aber von den seinen insofern ab, als er die ursprünglich einfache Nervenröhre durch eine Art Längsspaltung in der Medianebene in zwei Theile zerfallen lässt, während ich eine segmentale Gliederung des Rohres in aufeinanderfolgende Stücke annehme. So lassen sich denn auch seine Abbildungen nur dann mit meinen Befunden in Übereinstimmung bringen, wenn man annimmt, dass Salensky's Schnitte die Median- und Lateralebene des Stolo nicht genau senkrecht durchsetzen und vielleicht auch nicht genügend fein ausgefallen sind. Wenn übrigens, was ich für sehr wahrscheinlich halte, wovon ich mich aber nicht habe mit Bestimmtheit überzeugen können, die einzelnen Abschnitte des Nervenrohres eine ähnliche keilförmige Form besitzen wie die noch ineinandersteckenden hinteren Körperabschnitte der Knospenthiere, so müssen auch genau senkrechte Schnitte durch die Grenzregion zweier Ganglienpartien ähnliche Bilder geben, wie sie von Salensky beschrieben worden sind. Da aber meine Beobachtungen in diesem Punkte nicht ausreichend sind, so möge das Gesagte nur als eine Muthmassung gelten.

Die Figuren 3 und folg. auf Taf. XV zeigen die Ganglien bereits auf die einzelnen Knospen vertheilt, und man kann sich leicht von der alternirenden Stellung jener überzeugen. In Fig. 1 ist ein Schnitt abgebildet, der nicht vollständig senkrecht aus-

gefallen ist. Er zeigt rechts und links das vorderste und hinterste Ende der abwechselnden Ganglien getroffen, welche noch nicht vollkommen isolirt sind, wie der verbindende Mittelstrang beweist.

Anfänglich nimmt das Ganglion den obersten neuralen Abschnitt ein, d. i. das spätere Vorderende der Kettensalpen, an welchem die Ingestionsöffnung durchbricht. Wenn die Knospen an Grösse zunehmen, rückt scheinbar das Ganglion hämalwärts herab, indem ein Entodermfortsatz an ihm vorbeiwächst und die Knospe neuralwärts sich ausdehnt (vgl. Fig. 7 und 8 Taf. XV). So kommt das Ganglion an die gegen das proximale Ende des Stolo gerichtete Wand der jungen Knospe zu liegen, während nach dem distalen Ende hin in jeder Knospe der neurale Theil der Entodermsäcke liegt, welcher zur Athemhöhle wird. Die beiden Längsschnitte Fig. 1 (besonders die mit *B* und *C* bezeichneten Individuen) und Fig. 6 auf Taf. XVII werden diese weiter unten noch näher zu erörternden Verhältnisse verdeutlichen helfen.

Ich muss am Schlusse dieses Abschnittes auf die ausserordentliche Verschiedenheit der Entwicklungsvorgänge in der hämalen und neuralen Region des Stolo abermals hinweisen. Wir sahen, dass in jener alle Theile des Stolo abwechselnd zum hinteren Leibesende eines rechten oder linken Kettenindividuums werden, in der neuralen dagegen ist der Vorgang ein anderer. Das Nervenrohr wird zwar, indem es in aufeinanderfolgende Stücke sich gliedert, in seiner ganzen Breite zur rechten und linken Ganglienreihe, aber von den neuralen Abschnitten des Entodermsackes und der Seitenstränge tritt kein Theil von der einen Seite in die Knospen der entgegengesetzten hinüber (vgl. Fig. 5 Taf. XV und die schematische Figur *D* auf pag. 30). Die gangliösen Abschnitte weichen aus der Mittelebene nach den Seiten hin, während gleichzeitig in dieser eine immer tiefer werdende Rinne auftritt (Fig. 1, 5 und 9 Taf. XV). Die Figuren 1—4 auf Taf. XVI geben ebenfalls für den Sonderungsprozess im vorderen Leibesabschnitte der Kettenthiere eine gute Vorstellung, so dass eine weitere Beschreibung überflüssig sein dürfte. Die beiden Blutbahnen und der horizontale Entodermast bilden noch immer das allen Knospen gemeinsame Mittelstück. Die neuralen Abschnitte der Entodermsäcke wachsen jederseits weiter vor, so dass in dieser Region am Stolo zwei Reihen buckelförmiger Erhebungen zu sehen sind, welche die Vorderenden der einzelnen Kettensalpen darstellen und mit den ursprünglichen seitlichen Querwülsten des Stolo nicht identisch sind. Ist dann im hämalen Theil die Sonderung weiter vor-

geschritten, so sind wir zu dem viel diskutirten Stadium gelangt, in welchem am Stolo vier Höckerreihen zu erkennen sind, die die Leibesenden der einzelnen Kettenindividuen bezeichnen.

Die Seitenstränge.

Die beiden Seitenstränge, die ich bereits als paarige, zweischichtige Zellstreifen beschrieben habe, welche den Stolo in seiner ganzen Länge durchziehen, erfahren in dieser Entwicklungsperiode vielfache Umbildungen. Dieselben beginnen damit, dass an den Stellen der seitlichen Querwülste Verdickungen der Seitenstränge sich bilden, weil diese mehrschichtig werden. Gleichzeitig aber dehnen sich die anfänglich nur schmalen Streifen (vgl. Fig. 1 und folg. auf Taf. XIII) um ein Beträchtliches neural- und hämalwärts aus, so dass sie als breite seitliche Bänder vom Nervenrohr bis zum Eierstockstrang sich erstrecken (Fig. 11 und 12 Taf. XIII). Auf gewissen Querschnitten erhält man dann von den Seitensträngen Bilder, welche den allerersten Entwicklungsstadien des Mesoderms im Stolo ähnlich sind.

Die Ausbreitung der Streifen ist aber nicht überall eine durchaus gleichmässige, sondern sie ist durch die Ausdehnung der Entodermfalten und die seitlichen Querfurchen bestimmt. So zeigen die beiden letzten Figuren auf Taf. XIII und die erste auf Taf. XIV, wie neuralwärts Entoderm und Seitenstränge innerhalb einer Knospe abwechselnd sich ausbreiten. Ganz ähnliche Verhältnisse findet man bei Vergleichung der Fig. 6 und der folgenden auf Taf. XIV.

Wenn die seitlichen Querwülste am Stolo immer mehr sich hervorwölben und zu den Knospen werden, theilen sich auch die Seitenstränge in einzelne, segmental angeordnete Abschnitte, von denen jeder eine gekrümmte, mehrschichtige Zellplatte darstellt, welche zwischen Ektoderm- und Entodermsack an der äusseren Seite der Knospen liegt und deren Mesoderm bildet. Wie aber aus der früheren Darstellung schon hervorgeht, ist die Zahl der aufeinanderfolgenden Abschnitte der Seitenstreifen im hämalen Theile doppelt so gross als im neuralen; und so wie es mit den Entodermsäcken der Fall war, tritt in den hinteren Leibesabschnitten einer jeden Knospe ein Theil vom gegenüberliegenden Seitenstreifen über (vgl. die Figuren 7 und folg. auf Taf. XV). Die vollständige Trennung der einzelnen Theile erfolgt sehr allmählich mit dem Vorschreiten der Isolirung und des Auseinanderweichens der ganzen Knospen.

Die jetzt unmittelbar folgenden Veränderungen habe ich bis in die feinsten Details nicht verfolgen können und bin daher auch nicht in der Lage, mit Sicherheit angeben zu können, ob der von der entgegengesetzten Seite des Stolo hinüberwachsende Abschnitt des Seitenstranges sich direkt in ein Organ der Kettensalpe umwandelt. Es scheint mir, dass zuerst zwischen den beiden gesondert angelegten Theilen des Knospenmesoderms — die ja ursprünglich aus der nämlichen Anlage vom Embryo aus sich differenzirt haben — Verschmelzungen eintreten, bevor die Sonderung der Organe vor sich geht. Das aber ist gewiss, dass aus dem vom entgegengesetzten Seitenstrange stammenden Mesoderm wenigstens zum allergrössten Theile der Eläoblast und das Herz sich bilden.

In den Abbildungen 2 bis 5 auf Taf. XVII wird man sich leicht über die beiden verschiedenen Theile des Mesoderms der einzelnen Knospen orientiren können, obwohl die Schnitte aus bereits höher entwickelten Stadien stammen als die bisher besprochenen. Die bei der Beschreibung der Entwicklung des Entoderms gegebenen schematischen Figuren können hier ebenfalls zum Verständniss beitragen. Der Längsschnitt, der in Fig. 16 Taf. XIV abgebildet ist, ist bereits so weit hämal am Stolo geführt worden, dass nur die untersten Zipfel der Seitenstränge getroffen sind, welche in jeder Knospe gegen das distale Ende des Stolo gekehrt erscheinen.

Im neuralen Theile ist die Ausdehnung und das Wachsthum der in die Knospen übergetretenen Abschnitte der Seitenstreifen in erster Linie durch die Lageveränderung bestimmt, welche das Ganglion erfährt. Indem dieses an die äussere, dem proximalen Stoloende zugekehrte Seite, welche dem Rücken der späteren Individuen entspricht, zu liegen kommt, kann in dieser Region das Vorwachsen des Mesoderms nur in zwei seitlichen und gesonderten Streifen erfolgen, wie dies am besten die beiden Figuren 6 und 7 auf Taf. XVII zeigen. —

Damit bin ich am Schlusse dieses Abschnittes angelangt, welcher die Bildung der Knospen am Stolo behandeln sollte. Es hat sich gezeigt, dass diese nicht etwa durch besondere Ausstülpungen entstehen, sondern vielmehr Umbildungen des gesammten Stolo sind. Der Ektodermschlauch einer jeden jungen Knospe umschliesst sechs gesonderte Gebilde. Neural das Ganglion, zwei Entodermsäcke, zwei Mesodermschichten und zwischen den aus den gegenüberliegenden Seiten des Stolo stammenden Gebilden hämal den Eierstock mit Eileiteranlage. Durch die ganze Länge

des Keimstockes ziehen zwei allen Knospen gemeinsame Blutbahnen, die, von einem Plattenepithel und einer Celluloseschicht umschlossen, direkt in das Lakunensystem des Embryo führen. Die beiden Blutbahnen sind zudem durch zwei horizontale Zellschichten geschieden, welche aus dem Entodermrohre des Stolo herzuleiten sind. Durch die Endothelwandung der Blutbahnen wird ein direkter Uebertritt des embryonalen Blutes in die jungen Knospen selbst unmöglich gemacht, obwohl die Körperhöhlung derselben, wie die Entwicklungsgeschichte gelehrt hat, morphologisch mit jenen gleichwerthig ist.

Zweiter Abschnitt.

Die Ausbildung der Knospen zu Kettensalpen.

Während dieser letzten Entwicklungsperiode geht die ursprüngliche Verbindung zwischen den einzelnen Individuen verloren und wird nur durch die neu auftretenden Haftfortsätze vermittelt. Die Sonderung der Individuen wird vollständig, so dass es schliesslich kein Gebilde mehr gibt, welches allen oder auch nur mehreren Kettenthieren gemeinsam wäre. Die jungen Thiere schnüren sich von der Region der beiden Blutbahnen immer mehr ab, so dass diese, von einem Ektodermrohre umschlossen, das abwechselnd rechts und links mit ziemlich weiter Oeffnung in das Hautepithel der einzelnen Knospenthiere übergeht, ganz ausserhalb des Salpenkörpers zu liegen kommen. Dieses Rohr, in welchem noch immer das Blut des solitären Thieres kreist, pflegt man als den Rest des Stolo zu bezeichnen und zu den seitlich daran haftenden Individuen in Gegensatz zu bringen. Bei dem weiteren Wachsthum der Individuen rückt der sogenannte rudimentäre Stolo aus der mittleren Region gegen den vorderen Leibesabschnitt, indem er gleichzeitig immer mehr an Grösse abnimmt. Immer noch kann man in ihm die beiden vom Endothel bekleideten Blutbahnen und die sie scheidende, ursprünglich doppelschichtige Entodermlamelle unterscheiden, welch' letztere mit der vorderen ventralen Wand der Athemhöhle kommunizirt. Ich habe darauf verzichtet, diese Verhältnisse hier abzubilden, weil SALENSKY in seiner Arbeit über die Knospung der Salpen eine ganze Reihe von Schnitten gezeichnet hat, welche nach dem eben Gesagten ohne Weiteres werden verstanden werden können.

Wenn endlich die Haftfortsätze an den Salpen hervorgewachsen

sind und auf diese Weise ihre Verkettung ermöglicht worden ist, zerfällt das noch einheitliche Gebilde in eine den Individuen entsprechende Anzahl von Theilstücken. Diese werden in eine jede junge Salpe einbezogen, und die Oeffnung im Ektoderm und in der ventralen vorderen Athemhöhlenwandung, durch welche die Knospe mit dem Stolorudimente in Verbindung stand, schliesst sich. Oft erfolgt dieser Verschluss sehr spät, und ich habe junge Kettenthiere gefunden, welche das in Fig. 8 auf Taf. X abgebildete Stadium überschritten hatten und die nabelartigen Oeffnungen noch besassen.

Der Uebergang der unfertigen Form der jungen Knospen in die definitive Salpengestalt wird im Allgemeinen aus den Abbildungen erkannt werden können, welche auf Taf. X zusammengestellt worden sind. Schon LEUCKART hat darauf hingewiesen, dass sich in den Körperformen der jungen Kettenthiere mannigfache Verschiedenheiten zeigen. Es scheint mir aber, dass dieselben später nach der Geburt der einzelnen Kettenstücke meist wieder nahezu vollkommen ausgeglichen werden. Es wäre dies eine gewiss eigenthümliche Erscheinung, die wohl kaum irgendwo in der Embryonalentwicklung auftritt, in welcher stets die individuellen Variationen mit dem Eintreten in ein höheres Entwicklungsstadium an Bedeutung gewinnen.

Ueber die Anordnung und die Stellung der Individuen in den Ketten habe ich den älteren Angaben von KROHN, LEUCKART und anderen nichts hinzuzufügen und will nur noch auf den in Fig. 12 Taf. XVII abgebildeten Längsschnitt durch eine junge Kette hinweisen, welcher die gegenseitige Anordnung der einzelnen Salpen deutlich machen wird.

In Bezug auf die Orientirung und Bezeichnung der verschiedenen Körperregionen der einzelnen Individuen folge ich der jetzt wohl allgemein angenommenen Auffassung, welche einst schon CHAMISSO gegenüber CUVIER vertheidigt hatte. Die Ingestionsöffnung bezeichnet das Vorderende, der Nucleus liegt im hinteren Leibesabschnitte; der Endostyl bestimmt die Bauchseite, das Ganglion den Rücken, und damit ist auch rechts und links definirt. Ich werde es im Folgenden vermeiden, statt Bauch und Rücken oder ventral und dorsal die sonst in gleichem Sinne verwendeten Ausdrücke hämal und neural zu gebrauchen, weil ich diese Bezeichnung bei den Kettensalpen wenigstens nur auf den Stolo beschränkt wissen möchte, da sonst leicht ein Missverständniss über die Orientirung der Organe entstehen könnte.

Das Hautepithel.

Die Umbildungen, welche das Ektoderm zu erfahren hat, sind vorwiegend histologischer Natur. Es liegt aber durchaus nicht im Bereiche dieser Untersuchung, eine zusammenhängende histologische Darstellung zu geben, die besser einer speziellen Abhandlung vorbehalten bleibt, und ich werde daher hier nur weniges zu sagen haben, was sich auf die Entstehung der Haftfortsätze und des Cellulosemantels bezieht.

Die Haftfortsätze (*hf* Fig. 8 Taf. X) sind röhrenförmige Ausstülpungen der äusseren Leibeswandung. Sie umschliessen einen Fortsatz der primären Leibeshöhle des Kettenindividuums, und man kann denn auch in ihnen den Blutkreislauf sehen. Anfangs sind sie nur buckelförmige Erhebungen (Fig. 18 Taf. XVIII); je länger sie aber werden, desto feiner werden auch die Wandungen, die schliesslich ein Plattenepithel darstellen. Nur an dem äussersten, blind geschlossenen Ende trifft man allerdings nur sehr kleine Zylinderzellen an. Natürlich sind die Haftfortsätze äusserlich von einer dünnen Celluloseschicht umschlossen, die an der Berührungsstelle je zweier Haftorgane von zwei verschiedenen Individuen verschmilzt und auf diese Weise die Verbindung zu einer Kette ermöglicht. Ein Uebergang des Blutstromes von einem Individuum in das andere kann also nicht stattfinden. Die Art der Verkettung durch die an jeder Knospe in der Achtzahl auftretenden Haftfortsätze und die damit zusammenhängende Schiefstellung der Individuen ist von Leuckart ganz richtig geschildert worden, so dass es überflüssig wäre, wenn ich hier noch darauf zurückkommen wollte. Isolirte Kettenthiere konnte ich längere Zeit in meinen Gläsern lebend erhalten und machte da die Wahrnehmung, dass die Haftfortsätze während dieser Zeit fast vollständig rückgebildet wurden.

Was die Bildung des äusseren Cellulosemantels der Knospen anlangt, so geschieht sie wie bei allen Tunikaten durch Auswanderung von Ektodermzellen unter Sezernirung der Cellulosesubstanz. Den ersten Beginn sah ich bei noch sehr jungen Knospen, wie z. B. bei den in Fig. 10 Taf. XV abgebildeten. Doch muss ich bekennen, dass ich andererseits auf viel weiter vorgeschritteneren Stadien keinen äusseren Mantel finden konnte. Stets aber ist er bei den Kettenstücken deutlich zu sehen, die bereits befähigt sind, das Mutterthier zu verlassen und eine freischwimmende Lebensweise zu führen. Es scheint mir sehr gut möglich zu sein, dass

die sogenannte Bruthöhle im äusseren Cellulosemantel der solitären Salpe, in welcher der Stolo liegt, theilweise durch Auflösung der Substanz entstanden sei und dass diese dann bei der Bildung der Mantelschicht der Kettensalpen in Verwendung komme.

Inwieweit sich das Ektoderm der Knospe an der Bildung des inneren Cellulosemantels betheiligt, weiss ich nicht anzugeben. Ich habe auch das Austreten von Ektodermzellen in die Leibeshöhle nicht direkt beobachten können, obwohl ich Bilder sah, welche auf ein solches hinzuweisen scheinen (vgl. Fig. 13 Taf. XVI).

Auf Querschnitten durch junge Embryonen fand ich die Verhältnisse schon deutlicher auf eine partielle Entstehung des inneren Cellulosemantels aus dem Ektoderm hindeutend. Doch gehört die Besprechung dieser Befunde nicht in den Bereich dieser Untersuchung. Ich halte es nunmehr auch für überflüssig, hier die Auffassung, dass der äussere Cellulosemantel ebenso ein Bindegewebe darstellt wie der innere, weiter zu erörtern. Schon vor Jahren hat F. E. Schulze [1]) die einzig richtige Lösung gethan, indem er den Mantel dem Bindegewebe zuzählte und somit die Entstehung der Gewebe aus diesem oder jenem Keimblatte erst in zweiter Linie bei der Klassifikation derselben von Bedeutung sein liess. Später ist unter anderen O. Hertwig [2]) dieser Ansicht gefolgt, und sie dürfte gegenwärtig trotz aller Polemik von Semper [3]) ziemlich allgemeine Anerkennung gefunden haben.

Das Ektoderm der Knospen bildet keine weiteren Organe. Der Mantel erfährt zwar weiterhin noch eine ganz enorme Vergrösserung und Verdickung, das Epithel selbst aber nimmt kaum an Volumen zu. Bei der mächtigen Grössenzunahme der Individuen wird es beinahe überall äusserst fein, meist ein Plattenepithel. Man bemerkt dies besonders an den Stellen, an welchen eine rasche Ausdehnung stattfinden muss, um einem dahin sich ausbreitenden inneren Organe Raum zu schaffen. Man wird auf den Querschnitten der Taf. XVIII alle möglichen Übergänge der Zellformen finden, ohne dass ein besonderer Hinweis nöthig wäre. Am

---

[1]) F. E. Schulze, „Über die Structur des Tunicatenmantels und sein Verhalten im polarisirten Lichte". Zeit. f. wiss. Zool. Bd. XII, 1863.

[2]) O. Hertwig, „Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung des Cellulosemantels der Tunicaten". Jen. Zeitschr. f. Natw. VII. 1873.

[3]) C. Semper, „Über die Entstehung der geschichteten Cellulose-Epidermis der Ascidien". Arb. a. d. Zool. Inst. Würzb. Vol. II. 1875.

frühesten scheint sich das Hautepithel in der Region des Eies und im hintersten Leibesabschnitte zu verdünnen (Vgl. Fig. 14, Taf. XVI).

An den beiden äusseren Öffnungen des Körpers, der Ingestions- und Egestionsöffnung, geht das Ektoderm in das Entoderm, beziehungsweise Mesoderm des Thieres über, indem es sich nach innen zu einschlägt. Der Übergang ist ein kontinuirlicher, so dass sich die Grenze zwischen den einzelnen Blättern nicht feststellen lässt.

Die Athemhöhle und der Verdauungstraktus.

Bei dem Auseinanderweichen der hinteren Leibestheile der jungen Thiere rückt der kleine, ventral gelegene Entodermsack weiter gegen das hintere Knospenende vor als der grosse, dorsale. (Vgl. namentlich die Fig. 12, Taf. XV, Fig. 7, Taf. XVI; ebenso Fig. 5 und 6). Auf den Längsschnitten durch den Stolo zeigen also die Querschnitte durch das hinterste Knospenende zunächst ventral vom Eierstock ein Entodermrohr getroffen (Fig. 5, Taf. XVII). Erst weiter nach vorn zu tritt der dorsale Entodermsack auf.

Bevor nun im Entoderm der Knospe eine Differenzirung sich bemerklich macht, welche sich auf die späteren Abschnitte des Darmkanales mit Sicherheit beziehen liesse, tritt eine Verschmelzung der beiden gesondert angelegten Entodermsäcke ein. Das hinterste Ende des dorsalen Sackes treibt eine zipfelförmige Ausstülpung, die das Ovarium auf der nach dem distalen Stoloende zugekehrten Seite umwächst und schliesslich sich mit dem Ende des ventralen vereinigt (Fig. 8, Taf. XVI). Ich weiss aber nicht anzugeben, ob dieser weiterhin immer nur einen ganz bestimmten Theil des Verdauungstraktus bildet, weil sofort nach der Verwachsung die beiden Abschnitte sich nicht mehr scharf von einander unterscheiden lassen.

Der dorsale Entodermsack bildet die gesammte Auskleidung der Athemhöhle und sein hinterster Zipfel zum mindesten den Ösophagus, wahrscheinlich aber noch einen weiteren Theil des Verdauungstraktus. Dabei dehnt er sich allseitig mächtig aus, bis die prismatische Form der Athemhöhle erreicht ist, wie sie die Figuren 8 und 11 auf Taf. X darstellen. Für eine übersichtlichere Besprechung der komplizirten und langwierigen Umbildungen wird es angezeigt sein, die Veränderungen, welche an den verschiedenen Wandungen gleichzeitig auftreten, nach einander abzuhandeln.

An der *ventralen* Wand, welche in die horizontale Entodermröhre des rudimentär gewordenen Stolo sich öffnet, entsteht in der Medianebene des Individuums der Endostyl. Derselbe durchzieht die Athemhöhle nicht in ihrer vollen Länge, sondern findet sich nur im vorderen Theile, bald mehr, bald minder weit nach hinten reichend. Der Endostyl der solitären Form zeichnet sich durch eine ansehnlichere Länge aus.

In jugendlichen Stadien fehlt auch im vordersten Abschnitt der Athemhöhle die Endostylverdickung (Fig. 7, Taf. X), und man findet demgemäss in den dieser Region entstammenden Querschnitten die ventrale Athemwand ungefurcht (Fig. 7, Taf. XVIII). Später rückt der Endostyl bis in das vorderste Ende vor, sei es dadurch, dass sich wirklich noch der vordere, mediane Streif umbildet und in dieses Organ übergeht, sei es — und dies scheint mir wahrscheinlicher zu sein — dadurch, dass die ganze vordere Partie des Entoderms bei der Entstehung der Ingestionsöffnung in deren unmittelbaren Umkreis hineinbezogen wird. (Fig. 11 und 12, Taf. X).

Bevor die Endostylbildung anhebt und die Abschnürung der einzelnen Knospen noch beendet ist, zeigt der Querschnitt den vorderen Theil der Athemhöhle ziemlich stark seitlich komprimirt (Fig. 6, 7 und 8, Taf. XVII). Der ventrale Streif geht später in den Endostyl über, während die Athemhöhlung auf den Querschnitten in den aufeinanderfolgenden Stadien in den verschiedensten Formen erscheint. Im Allgemeinen verläuft die Entwicklung des Endostyls in ganz ähnlicher Weise wie bei den Ascidien. Die Variationen bei Individuen verschiedener Stolonen, deren ich bereits weiter oben gedacht habe, beziehen sich auch auf die feineren Strukturverhältnisse, und diese wieder dürften in keinem anderen Organe so variabel sein, als gerade im Endostyl.

Durch zwei parallel verlaufende Längsfurchen, die beiden Bauchfurchen, wird der zum Endostyl werdende Entodermstreifen bestimmt. In Fig. 12 auf Taf. XVII sind einige Querschnitte durch die ersten Stadien der Endostylbildung gezeichnet worden. Eine histologische Differenzirung ist an den Wänden der Athemhöhle noch nicht aufgetreten. In dem am meisten nach rechts zu gelegenen Individuum weichen die Zellen an der Basis der Endostylfalte von den anderen in Form und Grösse ab. Es ist das eine Stelle, die sich erst später geschlossen hat, weil an derselben die Kommunikation mit dem entodermalen Horizontalspalt des Stolo und durch diesen mit den Athemhöhlen der anderen Indi-

viduen erfolgte. Weiter nach vorn zu besteht noch die Öffnung, und in weit älteren Stadien kann man sie noch unverschlossen finden. (Fig. 19, Taf. XIX). Auf dieser eben angezogenen Abbildung erscheint der Ektodermschlauch bereits geschlossen, aber auf weiteren Schnitten ist eine Öffnung noch zu sehen. Es zeigt sich also, dass der Spalt im Entoderm grösser ist als der äussere des Ektoderms, durch welchen nabelstrangartig das Entoderm hindurchzieht.

In manchen Fällen sah ich die beiden Bauchfurchen sich ausserordentlich vertiefen, ohne dass in der von ihnen eingeschlossenen Endostylfalte andere Veränderungen vor sich gingen als eine unbedeutende Annäherung der einzelnen Zellen zur Zylinderform (Fig. 10 Taf. XVIII). Auch in Fig. 17 Taf. XIX ist ein diesem gleichwerthiges Stadium gezeichnet, in welchem aber die Bauchfurchen weniger tief vorgerückt sind. Durch zwei neue, den ersteren parallel verlaufende Furchen beginnen die seitlichen Wände der Endostylfalte sich jederseits in zwei Portionen, eine dorsale und eine ventrale, zu sondern (Fig. 18 und 19 Taf. XIX). Die Zellen an der Basis der Bauchfurchen nehmen bedeutend an Grösse zu, gehen aber seitlich in die Wandungen der Athemhöhle kontinuirlich über, deren Elemente immer kleiner und schliesslich zu Plattenzellen werden.

Die dorsale Partie der seitlichen Endostylwand krümmt sich sehr stark rinnenförmig gegen das Endostyllumen, und ihre Zellen werden hierbei zu langen Prismen, die sich gegen die Athemhöhle zu verjüngen, während der grosse Kern in dem der Leibeshöhle zugekehrten Ende liegt (Fig. 20 *B*). Ganz ähnlich verhält sich die ventrale Partie, während die Zellen, die ursprünglich die Basis der Bauchfurchen gebildet haben, nunmehr auf dem Querschnitt trapezförmig erscheinen, reich gekörntes Plasma und einen grossen runden Kern besitzen, welcher der der Leibeshöhle zugekehrten Zellwand genähert liegt (Fig. 20 *A*). Auf der entgegengesetzten Wand zeigen diese Zellen Pigmentkörperchen von wechselnder Grösse eingebettet, welche dem Endostyl die blaue Farbe verleihen, wie ich dies bereits früher erwähnt habe. Die Zellen dieser beiden Streifen nehmen gegen die Athemhöhlenwand zu sehr rasch an Grösse ab (Fig. 21), das Pigment verliert sich, und die Zellen gehen jederseits in das Plattenepithel der Athemhöhle über. Unsymmetrisch, wie schon H. Müller beobachtet hat, wandelt sich dieses auf einer Seite nochmals in einen schmalen Streifen von Zylinderzellen um, welche Flimmern tragen.

Zwischen der dorsalen und ventralen Partie der ursprünglichen Wandung der Endostylfalte tritt jederseits noch ein Zwischenstück auf, welches vorzugsweise, wenn nicht ausschliesslich, von der dorsalen Region sich abgetrennt haben dürfte. Die ventrale Basis des Endostyls, welche zum Theil erst durch das Einbeziehen der Entodermreste vom Stolo in die Kettenindividuen sich hat bilden können, wird schliesslich zu einem einreihigen Strange von Zylinderzellen, welche mächtige Geisseln tragen. Ventral von diesem und ausserdem jederseits seitlich von den Zwischenstreifen erscheint eine homogene Substanzlage, die sich in Pikrokarmin gleichmässig gefärbt hat (Fig. 21 *cs*) und die wohl als ein Ausscheidungsprodukt der Endostylzellen angesehen werden darf. Etwas ganz ähnliches werden wir weiter unten noch bei der Flimmergrube zu erwähnen haben, deren Wandung ebenfalls an gewissen Stellen in die Leibeshöhle eine Substanz ausscheidet (Fig. 15 und 16). Ich muss hinzufügen, dass die beiden Hälften des Endostyls keineswegs überall so dicht aneinander liegen, wie dies in der Fig. 21 dargestellt ist. Oft erscheinen die beiden Schenkel beinahe ganz flach ausgebreitet, und ein ähnliches Verhalten lässt sich auch schon in ganz jungen Stadien beobachten. Ebenso variirt die Breite der einzelnen Streifen bei verschiedenen Individuen.

Nach hinten zu verschwindet zunächst die Differenzirung des Endostyls in die verschiedenen Längsstreifen. Man trifft da nur eine hufeisenförmige Verdickung des Medianstreifens der ventralen Athemhöhlenwandung, die füglich in den ventralen Theil des Oesophagus übergeht (Fig. 8, 9 und 11, Taf. X).

Ich begnüge mich hier mit dieser rein morphologischen Darstellung von der Entwicklung und vom Bau des Endostyls der Kettenform und verweise bezüglich der physiologischen Deutung der einzelnen Theile sowohl wie des ganzen Organs auf Fol's [1]) Arbeit.

Die *seitlichen* Wände der Athemhöhle werden nicht überall zu einem Plattenepithel, sondern man bemerkt schon in jungen Thieren jederseits einen vom vorderen Endostylende dorsal nach hinten bis zum Ganglion verstreichenden Streifen, der diese Differenzirung nicht mitmacht. Er bildet sich weiterhin zum Flimmerbogen um und umzieht die vordere Athemhöhle wie es

---

[1]) H. Fol, „Über die Schleimdrüse und den Endostyl der Tunicaten". Morph. Jahrb. I. 1876.

die Abbildungen auf der ersten Tafel wiedergeben. Auf einem Querschnitte (Fig. 18, Taf. XVIII) erkennt man, dass die Anlage des Flimmerbogens einen wulstförmigen, gegen die Athemhöhle vorspringenden Streifen darstellt, dessen Zellen zylindrisch sind, dorsal und ventral aber kontinuirlich in die kleinen mehr kubischen des Entoderms übergehen. In Fig. 13 auf Taf. XIX ist ein ähnliches Stadium bei stärkerer Vergrösserung gezeichnet worden. Schliesslich wird der Unterschied der Zellformen immer auffallender, und der Übergang vom flachen Epithel zu den grösseren Zellen des Flimmerbogens ist kein allmählicher mehr. Dieser erhält gegen die Athemhöhle hin eine feine Bewimperung und springt stärker leistenförmig in den Athemraum vor (Fig. 14). Nach vorn zu gehen die Flimmerbogen in die beiden Bauchfurchen des Endostyls über, dorsal schliessen sie sich unterhalb des Ganglions zu einem einheitlichen Reifen aneinander. Unmittelbar dahinter beginnt das Kiemenband.

Die *vordere* Wand der Athemhöhle kommt bei der Bildung der Ingestionsöffnung und der inneren Schicht der sie umschliessenden lippenartigen Deckelgebilde in Verwendung, durch deren Bewegung das Wasser in die Athemhöhle getrieben wird.

Die *hintere* Wand führt, trichterartig sich verjüngend, in den Oesophagus oder bildet vielmehr selbst den vorderen Theil desselben.

Die *dorsale* Wand endlich steigt von vorn dorsal nach hinten ventral schräg herab und bildet durch einen Prozess, der im folgenden Abschnitte näher beschrieben werden soll, schliesslich die ventrale Wand des Kiemenbandes (Fig. 11 Taf. XVI). Ziemlich weit vorn, bei der Einmündungsstelle der Flimmergrube, geht aus ihr der Rückenzapfen durch eine median gelegene Ausstülpung hervor. Da aber dieser Vorgang eng mit der Bildung der Flimmergrube selbst zusammenhängt, soll er erst weiter unten mit dieser gemeinsam besprochen werden.

An die Athemhöhle schliesst sich der Theil des Entoderms, welcher aus der Verwachsung des hinteren Abschnittes des dorsalen und ventralen Sackes der Knospe hervorgegangen ist und der sich zum *Verdauungstraktus* ausbildet. Man unterscheidet an diesem Oesophagus, Magen, Mittel- und Enddarm. Die einzelnen Abschnitte lassen sich an jungen Individuen sehr gut erkennen (Fig. 10 Taf. X). Wenn aber später im Nucleus die enorme Zunahme der Mesodermzellen erfolgt und der Hoden sich zu bilden beginnt, wird nach und nach der Darmkanal so vollständig

umschlossen (Fig. 1 Taf. XIX), dass in ganz alten Kettenthieren beinahe nichts mehr an Totalpräparaten von ihm zu erkennen ist.

Im Wesentlichen stellt der Darmkanal eine Schlinge dar (Vergl. Fig. 9 Taf. X), in deren dorsalen Ast ein breiter Blindsack einmündet. Dieser letztere wird als Magen bezeichnet, aber — wie schon H. Müller hervorhob — mit Unrecht, weil in ihn niemals die Nahrung gelangt, vielmehr seine Wandungen ein verdauendes Sekret liefern. Wenn aber auch die physiologische Bedeutung des Blindsackes gegenwärtig sicher die einer Drüse ist, scheint mir damit noch keineswegs die Annahme widerlegt, dass derselbe das morphologische Homologon des Magens der andern Tunikaten sei. Ich muss demgegenüber nun darauf aufmerksam machen, dass Korotneff [1]) im Magen von Salpa africana Verhältnisse angetroffen hat, die darauf schliessen lassen, dass in denselben thatsächlich Nahrung hineingelangt und daselbst verdaut oder resorbirt wird. Ich habe leider Korotneff's Angaben über die „freien Magenzellen" und die „parenchymatöse Ernährung" der Tunikaten nicht an verschiedenen Objekten nachstudiren können, bei Salpa democratica aber fand ich sie nicht zutreffend. Auch von anderer Seite [2]) hat man Korotneff's Auffassung nicht zustimmen können, und es wäre in der That eine nochmalige Nachprüfung von dessen Mittheilungen wünschenswerth, bevor man das eigenthümliche Verhalten der Tunikaten beim physiologischen Processe der Ernährung zu der Schlussfolgerung — der ich aber aus anderen Gründen vollkommen beipflichte — verwendet „deswegen haben wir in unserem Falle Ursache, noch an der hohen genetischen Stellung zu zweifeln, die den Tunikaten zugeschrieben ist."

Der dorsale Ast der Darmschlinge stellt den Oesophagus dar, der ventrale, aufsteigende den Enddarm. Das Verbindungsstück zwischen beiden, welches den Uebergang der im ausgebildeten Zustande sehr differenten Zellformen im aufsteigenden und absteigenden Verdauungsrohr vermittelt, bildet den Mitteldarm. Besser noch als die Abbildungen der Totalpräparate auf Taf. X werden diese Verhältnisse auf einem dorso-ventralen Längsschnitte

---

[1]) A. Korotneff, „Die Knospung der Anchinia". Zeit. f. wiss. Zool. Bd. 40 1884 p. 54.

[2]) Dolley, „Some observations opposed to the presence of a parenchymatous or intra-cellular digestion in Salpa." Zool. Anz. No. 184. 1884.

durch den Nucleus klar. In Fig. 11 und 12 auf Taf. XVIII sind zwei derartige Längsschnitte abgebildet.

Der gesammte Verdauungstraktus ist von allem Anfange an einschichtig und bleibt es auch bis zur vollständigen Ausbildung. Natürlich bezieht sich diese Einschichtigkeit nur auf den entodermalen Antheil, denn um diesen bildet sich, wie bekannt, aus Mesenchymzellen eine feine Epithelschicht, welche den Darm dicht umschliesst und die man Membrana propria genannt hat. Die Entodermzellen sind anfangs noch ziemlich gleichartig und auch von denen der hinteren Athemhöhlenwand nur wenig verschieden. Meist sind es Zylinderzellen; im Enddarme, der die grösste Längsstreckung leisten muss, bis er sich links von der Medianebene in die Kloake öffnet, etwas kleinere, mehr kubisch geformte Zellen.

Der Magen reicht nach vorn hin nicht so weit wie Oesophagus und Enddarm, und da er hinten dicht unter dem Oesophagus in den dorsalen Ast des Mitteldarmes mündet, findet man auf Querschnitten den Verdauungsapparat in seinem vordersten und hintersten Abschnitt aus zwei (Fig. 1, 2 und 5), in seinem mittleren aus drei Röhren bestehend (Fig. 3 und 4 Taf. XVIII, Fig. 1 Taf. XIX). Schon in jungen Stadien trifft man auf den Schnitten dicht hinter der Athemhöhle den Enddarm aus der Medianebene nach links zu hinausgerückt (Fig. 5 und 6 Taf. XVIII), während weiter nach hinten zu die Lagerung der Eingeweide ziemlich streng bilateral symmetrisch ist.

Ich will die histologischen Veränderungen und Differenzirungen nicht bis in's Detail verfolgen und nur kurz die Verhältnisse beschreiben, wie sie sich bei alten Kettensalpen finden, wenn die verschiedenen Abschnitte die bestimmten Funktionen auszuüben im Stande sind.

Der Oesophagus erhält eine längliche, in dorso-ventraler Richtung stark komprimirte Form (Fig. 1 Taf. XIX). Sein Lumen zeigt ventral und dorsal je eine rinnenförmige Ausbuchtung. Die Wandungen bestehen aus langen, zylindrischen Flimmerzellen (Fig. 2), an denen man drei Theile unterscheiden kann. Nach aussen zu einen breiten, aus verdichtetem Plasma bestehenden Streif, in dessen innerem Ende der stark tingirbare, längliche Kern liegt, dann eine helle Mittelzone und endlich einen inneren, schmalen, verdichteten Randsaum. Dieser ist in den Zellen, welche die beiden Rinnen bilden, äusserst fein.

Der Magen gewinnt bald eine den Oesophagus um ein Mehrfaches übertreffende Breite und erscheint ebenfalls in dorsoventraler Richtung komprimirt. Seine Zellen, die in jüngeren Stadien (Fig. 5 und 6) gleichartige Zylinderzellen waren, differenziren sich in mehrfacher Weise. An der dorsalen Wand, die dem Oesophagus zugekehrt ist, zeigt sich ein dreizipfliger Streif von Flimmerzellen, die den oben beschriebenen gleichen. Die Flimmerung geht nach hinten zu in die des Oesophagus über, nach vorn zu verliert sie sich, bevor sie das blinde Magenende erreicht. Die an die Flimmerzellen grenzenden und die diesen benachbarten Zellen des Magens und Mitteldarmes sind sehr ähnlich gestaltet. Die zwei verdichteten Rand- und die helle Mittelzone der einzelnen Zellen verlieren nach und nach an Deutlichkeit, und das Zellplasma erscheint dann ganz gleichartig. Die Flimmern aber werden durch mehr oder minder feine, unbewegliche Plasmafortsätze vertreten, die gegen das Darmlumen zu untereinander durch feine, netzförmige Querbrücken verbunden sind (Fig. 3 Taf. XIX). Zwischen diesen Zellen zerstreut und besonders dicht an den beiden Seiten des Magenschlauches treten grosse Drüsenzellen auf, welche in ihrem Inneren, neben dem Kerne im lebenden Objekte gelblich gefärbte Tropfen enthalten (vgl. Fig. 4). Ganz besonders zahlreich treten diese Zellen, die wohl bei der Verdauung die wichtigste Rolle spielen dürften, im proximalen Theile des Mitteldarmes auf. In diesem findet man stets Speisereste, und es scheint, dass er physiologisch die Bedeutung eines Magens hat. Die Zellgrenzen sind sehr undeutlich, stellenweise gar nicht zu sehen, und man muss sich dann an die zu färbenden Kerne halten, um die einzelnen Elemente aufzufinden (Fig. 4 Taf. XIX).

Der distale, aufsteigende Ast des Mitteldarmes geht ohne deutliche Grenze allmählich in den Enddarm über. In ganz jungen Thieren besteht dieser hinten aus ziemlich grossen Zylinderzellen, die nach vorn zu im intensiver wachsenden Theile von bedeutend kleineren, kubischen Zellen vertreten werden. Das spaltförmige, seitlich ausgezogene Enddarmlumen geht nach vorn zu in ein mehr kreisförmiges über (Fig. 5 und 6). In ganz alten Thieren ist der Enddarm dann immer wieder in dorso-ventraler Richtung stark zusammengedrückt, und die Zellen sind zu ausserordentlich kleinen kubischen geworden. Es ist selbstverständlich, dass beim Passiren der Speisereste das Lumen eine bedeutende Grösse gewinnen kann (Fig. 1 *ed*). An der Mündungsstelle des Enddarmes

ist das Epithel der Kloake zu einer gegen die Höhlung buckelförmig vorspringenden Papille ausgebuchtet. Der ganze Darmtraktus ist von einer Endothelschicht umschlossen, welche aus sehr feinen Zellen besteht, die aus Mesenchymzellen erst sekundär zur Bildung von Zellflächen zusammengetreten sind.

Vom inneren Blatte der Knospenanlage bildet sich ausser dem Darmkanale und der Athemhöhle der Kettenthiere nur noch ein Organ, welches aber nur als ein Appendix des Darmes angesehen werden kann: die darmumspinnende Drüse (*dr* Fig. 10 Taf. X). Dieselbe entsteht aus einer linksseitigen Ausstülpung an der Stelle, an welcher die ventrale Wand des Magensackes in den Mitteldarm übergeht (Fig. 1 Taf. XVIII), bald mehr nach vorn zu im Bereiche des Magens, bald mehr dem Mitteldarme angehörend. Die Ausstülpung hat die Form einer Röhre von feinem Lumen und ist gegen den Enddarm gekehrt. In Figur 4 zeigt sich das Rohr zwischen Magen und Enddarm erstreckend, und in Fig. 3, einem Querschnitt, der weiter nach hinten zu geführt wurde, ist die Einmündungsstelle in die ventrale Magenwand getroffen. Deutlicher sieht man diese Verhältnisse an lateralen Längsschnitten. In den Figuren 13, 14 und 15 sind drei solcher Schnitte aus einer vom Bauch gegen den Rücken zu vorschreitenden Schnittserie abgebildet. Bei der Vergleichung der beiden aufeinanderfolgenden Schnitte 14 und 15 wird über die Deutung dieser Drüsenanlage als Ausstülpung vom Darmrohre aus kein Zweifel obwalten können. Unter dendritischen Verzweigungen umwächst dies Zellrohr den Enddarm; dabei werden die Zellen namentlich an den frei vorwachsenden Enden rasch sehr klein und kubisch (Fig. 6 Taf. XIX). Schliesslich werden die Zellen feine Plattenzellen, indem aber gleichzeitig das Lumen der einzelnen verästelten Röhren bedeutend grösser wird (Fig. 7). Alle Röhren vereinigen sich zu dem unpaaren Ausführungsgang, der zwischen Magen und Mitteldarm einmündet. Die physiologische Bedeutung dieser sogen. darmumspinnenden Drüse ist problematisch; morphologisch mag ihre Deutung als das Homologon einer Leberdrüse vielleicht am richtigsten sein. Eine grosse Bedeutung als sekretorisches Organ dürfte mit der Natur der sie zusammensetzenden Zellen nicht gut vereinbar sein, denn nur im Endabschnitte, nahe der Mündungsstelle sind die Zellen von einiger Grösse und von solcher Beschaffenheit, dass ihnen eine energischere Thätigkeit zugeschrieben werden kann (Fig. 3).

Die Kloake und das Kiemenband.

Die Wandung der Kloake bildet sich aus den Seitensträngen. Schon Kowalevsky dürfte das beobachtet haben, und weil er die Seitenstreifen aus Ausstülpungen der Kloake des Embryo hervorgehen lässt, erscheint die Bezeichnung „Kloakalröhren" ganz gerechtfertigt. Da ich aber diese Gebilde in ganz anderer Weise entstehen sah und doch nur eine verhältnissmässig kleine Partie derselben zur Bildung der Kloaken der Kettensalpen in Verwendung kommt, schien es mir angezeigter zu sein, einen Namen zu wählen, der die Lagebeziehung im Stolo andeutet.

Ich weiss nicht anzugeben, ob der Kloakenraum wirklich nur eine Umwandlung des Spaltraumes ist, welcher oft in ganz jungen Stolonen in den Seitensträngen anzutreffen ist (Fig. 5 Taf. XIII). In älteren Stadien habe ich ihn nicht auffinden können; erst viel später sah ich wieder einen Theil der ursprünglichen Seitenstränge zu zwei Zellblättern differenzirt (Fig. 12 Taf. XV), welche eine Höhlung einschlossen, deren Umbildung zum Kloakenraum ich kontinuirlich verfolgen konnte. Diese Höhlung liegt unterhalb des Ganglions, also an der äusseren und gegen das proximale Stoloende zugekehrten Seite einer jeden Knospe (Fig. 1 Taf. XVI und *kl* in den Individuen *A* und *B* Fig. 3 und 4 Taf. XVII). Am besten sieht man die Lage dieser Kloakalbläschen auf medianen Längsschnitten durch die jungen Kettenthiere (Fig. 9 und 10 Taf. XVI). Die Bläschen sind vollkommen geschlossen, liegen dem Ektodermschlauche an und berühren vorn und an der Bauchseite das Ganglion und die dorsale Wand der Athemhöhle. Beim Wachsthum des jungen Thieres breitet sich der Kloakalsack sehr rasch aus, seine Wandungen werden dünner und bestehen aus flacheren Zellen, die auf der ventralen Seite von den grossen Zellen der Athemhöhle auffallend kontrastiren (Fig. 13). Dorsal verschmilzt in der Mittelebene ein Theil der Kloakalwand mit dem ektodermalen Hautepithel, um später an dieser Stelle den Durchbruch der Egestionsöffnung zu ermöglichen (Fig. 11).

Am wichtigsten sind die Veränderungen, welche die ventrale Wand betreffen. Diese legt sich an die dorsale der Athemhöhle an (Fig. 9 Taf XVII). In zwei seitlichen Streifen verschmelzen die beiden Zellschichten miteinander, während in der Medianebene zwischen ihnen ein Lumen von wechselnden Dimensionen bestehen bleibt, das nothwendigerweise ein Theil der primären Leibeshöhle ist (Fig. 11). Die seitlichen Verschmelzungsstreifen werden dann

resorbirt, und es entstehen somit zwei breite Spalten (*ks* Fig. 10), durch welche eine Verbindung zwischen Athemhöhle und Kloakenraum geschaffen ist. Der mediane Streif stellt das Kiemenband dar. Dieses ist anfänglich bandartig, in dorso-ventraler Richtung zusammengedrückt; später (Fig. 12 Taf. XVII) gewinnt es ein mehr elliptisches Lumen, namentlich im vorderen Theile, während es im hinteren stets spaltförmig bleibt. Die histologische Verschiedenheit der dorsalen und ventralen Wand des Kiemenbandes ist gerade auf diesen Querschnitten nicht so deutlich wie auf den oben beschriebenen Längsschnitten; im weiteren Verlaufe der Entwicklung aber tritt sie dann immer schärfer hervor. An der ventralen Seite treten Flimmerzellen auf, welche zu zwei Reihen schräg verlaufender Streifchen angeordnet sind und dem Kiemenbande die bekannte Zeichnung verleihen. Durch Ablagerung von Pigmentkörnchen erhält die Kieme eine blaue Farbe.

Das Lumen des Kiemenbalkens wird durch Absonderung einer homogenen Substanz verengt (Fig. 19 Taf. XIX), von der ich allerdings nicht bestimmt weiss, ob sie Cellulose ist und ob nicht die zirkulirenden Mesenchym- und Blutzellen sich an ihrer Bildung betheiligen. In ganz alten Individuen wird diese Substanz so mächtig, dass nur zwei bis drei Gänge frei bleiben, in welchen die Blutflüssigkeit sich bewegen kann. Nach vorn und hinten zu gehen diese Blutbahnen in die Leibeshöhle der Salpe über. Vor dem vorderen Ende des Kiemenbalkens erscheint die dorsale Wand der Athemhöhle stark faltenförmig nach innen gekrümmt (Fig. 16 Taf. XVIII) und umschliesst die direkte Fortsetzung der Höhlung des Kiemenbandes. Noch weiter nach vorn zu wird diese Falte immer flacher (Fig. 17) und ist dicht überlagert von dem mächtig ausgebildeten Ganglion.

Ich kann diesen Abschnitt nicht beschliessen, ohne auf die ganz eigenthümliche Entstehung der Kloake speziell noch hinzuweisen, die mich meine Beobachtungen kennen gelehrt haben. Durch dieselben werden die ohnehin schon so widersprechenden und wie es scheint theoretisch unvereinbaren Angaben über die Entstehung des Kloakal- oder Peribranchialraumes bei Embryonen und Knospen der Ascidien, Salpen und Doliolиden noch mehr verwirrt.

Aus dem Mesenchym des Embryo entstehen die Seitenstränge, aus einem Theile derselben, in welchem die Zellen zu Epithellamellen sich angeordnet haben, bildet sich die Kloake, mit welcher der Darmtraktus auf zwei Weisen, vorn durch die Kiemenspalten

und hinten durch den Anus, in Verbindung steht. Nach der herkömmlichen Auffassung müsste bei dieser Genese die Kloakalhöhle der Kettensalpen als ein Theil der primären Leibeshöhle, des Blastocoels, angesehen werden.

Die vergleichend-anatomische Betrachtung der Tunikaten führt unabweisbar zur Homologisirung der Kloake der Salpen mit dem Peribranchialraum der Ascidien, der bei Knospen entodermalen, bei Embryonen ektodermalen Ursprungs ist. Die Versuche, die verschiedenen Entwicklungsweisen einheitlich zu deuten, sind bis jetzt nicht geglückt. Wenn auch neulich VAN BENEDEN[1]) eine Umdeutung der Angaben über die embryonale Entwicklung des Peribranchialraumes in der nämlichen Weise versucht, wie ich dies bereits früher gethan hatte [2]), später allerdings beim Studium der Embryologie der Ascidien durch die Beobachtung nicht bestätigen konnte, so hat auch er bis jetzt für seine Ansicht noch keine thatsächlichen Beobachtungen zur allgemeinen Prüfung vorgelegt.

Am wichtigsten scheint es mir für's Erste zu sein, festzustellen, wie die Kloake und das Kiemenband bei den Embryonen der pelagischen Tunikaten entstehen. SALENSKY fasst die Kieme als eine Neubildung auf, die bei den Ascidien kein Homologon besässe. Nach TODARO's Angaben ist sie ebenfalls rein entodermalen Ursprungs, und auch die Kloakalhöhle muss dann vom Entoderm ausgekleidet sein. Bei Dolioliden und Pyrosoma entsteht die Kloake ektodermal. Diese Widersprüche in den Angaben über die Embryonalentwicklung müssen meiner Meinung nach zunächst auf ihre wahre Bedeutung geprüft werden. Sollte aber in der That die Entwicklung in verschiedener Weise vor sich gehen, so bleibt die Homologie der betreffenden Gebilde trotzdem bestehen, und man wird den vergleichend-anatomischen Befunden gegenüber nicht anstehen dürfen, sehr weitgehende cenogenetische Vorgänge in der ontogenetischen Entwicklung anzunehmen.

Die Aussicht, durch Umdeutung der vorliegenden Mittheilungen zwischen der Perithorakalbildung der Embryonen und Knospen für alle Tunikaten einen gemeinsamen Bildungsvorgang zu konstruiren, scheint mir nach den Erfahrungen, die ich bei den Salpenknospen

---

[1]) VAN BENEDEN et CH. JULIN „Le système nerveux central des Ascidies adultes et ses rapports avec celui des larves Urodèles." Bull. Acad. R. Scienc. Belg. (3) T. VIII. No. 7. 1884.

[2]) „Zur Entwicklungsgeschichte der Ascidien". Sitzb. d. k. Acad. d. Wiss. Bd. 85 I. Abth. Mai-Heft. Wien, 1882. p. 46.

gemacht habe, vorläufig wenigstens sehr geschwunden zu sein. Ich kann mich auch durchaus nicht von der theoretischen Nothwendigkeit überzeugen, dass bei Knospen und Embryonen die Entwicklung des Peribranchialraumes überall die gleiche sein müsse, und es erscheint mir das Erforderniss einer gleichen Genese in der Embryonalentwicklung der verschiedenen Tunikatenspezies viel naturgemässer zu sein.

Das Ganglion, das Auge und die Flimmergrube.

Wir haben die Anlage für diese drei Organe in einer Zellblase kennen gelernt, welche aus einem Segmente des ursprünglichen Nervenrohres des Stolo hervorgegangen und unter steter Grössenzunahme an die dorsale Seite der späteren Kettenthiere gerückt ist (Fig. 5 und 6 auf Taf. XVI). In solchen jungen Thieren macht das Ganglion einen bedeutenden Theil der gesammten Körpermasse aus (Fig. 6 Taf. X). Von da an aber bleibt es im Verhältniss zur Grössenzunahme des ganzen Thieres im Wachsthum stark zurück (Fig. 7 und folg.), so dass es in ganz alten Thieren von so verschwindenden Dimensionen erscheint und von den ältesten Beobachtern hat übersehen werden können.

Während dieses sehr geringen Wachsthums gehen aber an der Ganglionblase sehr wichtige Differenzirungen vor sich, durch welche von dieser aus zwei neue Organe, das Auge und die Flimmergrube, gebildet werden. Mir ist es nicht gelungen, diesen Vorgang bei den Knospen so deutlich zu beobachten, wie dies sehr leicht an lebenden Embryonen möglich ist, weil man diese bequem von allen Seiten betrachten und längere Zeit am Leben erhalten kann. Ich werde daher zunächst die Entwicklung des Ganglions und der Flimmergrube in den Embryonen beschreiben und dann auf die, wie ich aus ähnlichen Stadien wohl schliessen muss, gleichen Vorgänge in der Knospenbildung zu sprechen kommen.

In bedeutend jüngeren Embryonen als der in Fig. 1, Taf. X abgebildete zeigt sich die Ganglionblase als ein allseitig geschlossener, dickwandiger Sack, der in der Medianebene vor dem Kiemenbalken liegt. Ich glaube, ohne allerdings noch darüber Sicherheit erlangt zu haben, dass diese Zellblase ektodermalen Ursprungs ist. Das vordere Ende derselben bricht in die Athemhöhle durch, und durch eine ringförmige Furche beginnt sich die einfache Blase in einen vorderen und hinteren Abschnitt zu sondern (Fig. 2, Taf. XI). Mit dem Vorschreiten der Furche schwindet bald die Kommunikation zwischen dem hinteren und dem vorderen Lumen (Fig. 1). Im

hinteren Abschnitt, der eine zarte gelbliche Färbung annimmt, werden die Wandungen sehr rasch mehrschichtig und verdrängen den Hohlraum beinahe vollständig. Der vordere bleibt einschichtig und gegen die Athemhöhle weit offen; seine Zellen werden zu zylindrischen Flimmerzellen. Man wird in diesem Theile leicht die spätere Flimmergrube erkennen können (Fig. 3, Taf. XI). Dort, wo die ventrale Wand der Flimmergrube in das Epithel der Athemhöhle übergeht (*rz*), bildet sich ein knopfförmiger Vorsprung, der in die Athemhöhle hineinragt und wahrscheinlich ganz entodermalen Ursprungs ist.

Die beiden Partien weichen nun immer mehr auseinander. Das hintere Ende der vorderen Blase erscheint zipfelförmig ausgezogen und stellt eine nur noch lose Verbindung mit dem Ganglion her. Dieses selbst hat seine Gestalt sehr verändert, indem es aus der horizontal gestreckten Form in eine vertikal langgezogene übergegangen ist. Durch eine horizontale Querfurche beginnt es sich in zwei Partien zu sondern: in eine dorsale, welche die Anlage des Auges darstellt und eine ventrale, welche zum bleibenden Ganglion wird. Schon auf diesem Stadium beginnen einzelne Nervenäste auszuwachsen. Auf der Höhe der Augenanlage bemerkt man bereits eine hufeisenförmige Erhebung, welche meist gelb gefärbt ist. Die ganze dorsale Partie dieses Gebildes springt hornförmig in die Dicke des äusseren Cellulosemantels vor, von diesem durch das ektodermale Hautepithel geschieden, das den Sinneskörper kapselförmig umschliesst. Der buckelförmige Vorsprung an der Mündung der Flimmergrube hat sich ebenfalls gestreckt und lässt sich als der Rückenzapfen erkennen (*rz* Fig. 4, Taf. XI). Die Flimmergrube und das Ende des Rückenzapfens erhalten eine zarte blaue Färbung.

In dem folgenden Stadium (Fig. 5) hat sich die Flimmergrube vom Ganglion vollständig abgetrennt und die Form eines Fingerhutes angenommen. Ein verbindender Nervenstamm fehlt. Rückenzapfen und Flimmergrube haben reichlichere Mengen von Pigmentkörperchen abgesondert und erscheinen jetzt tiefblau gefärbt. In dem hinteren Gebilde wird die Differenzirung in definitives Ganglion und Auge deutlicher. Das Augenpigment ist meist gelb, oft braun oder auch schon schwarz.

Das bleibende Stadium wird nun sehr bald erreicht (Fig. 6). Vom Ganglion gehen jederseits eine ganze Anzahl Nervenäste aus; aber weder in den beiden Körperhälften eines Thieres noch auch bei verschiedenen Individuen ist die Zahl derselben konstant, wie schon Vogt richtig hervorgehoben hat. Die Bildung der Nerven-

äste geht ausserordentlich rasch vor sich, und ich glaube bestimmt, dass sie nicht nur durch Wachsthum vom Ganglion aus erfolgt, sondern dass auch Mesenchymzellen zu Nervenzellen sich umwandeln.

Auf Querschnitten durch viel jüngere Stadien zeigt sich bereits die Masse des Ganglions in zwei Partien gesondert. Die zentrale besteht aus sogenannter Punktsubstanz, die peripherische aus grosskernigen Zellen, welche sich in die Ganglionzellen umwandeln (Fig. 12 und 14). Wo ein Nerv austritt, erscheint die periphere Substanz von der zentralen durchbrochen (Fig. 15). So wenigstens liegen die Verhältnisse bei Embryonen; das Endstadium habe ich histologisch nicht geprüft. Ussow [1]) scheint den feineren Bau der Sinnesorgane bei den Tunikaten sehr eingehend untersucht zu haben, und es ist nur zu bedauern, dass seine Arbeit nicht allgemein zugänglich ist.

Der dem Ganglion dorsal aufsitzende Abschnitt, das Auge, wächst nach vorn zu mit seinen beiden hufeisenförmigen Schenkeln selbständig vor. Das Ektoderm, welches Ganglion und Augenanlage dicht umgibt, stülpt sich somit faltenförmig zwischen diese beiden Abschnitte hinein, so dass man auf Querschnitten durch den vordersten Theil der beiden hufeisenförmigen Schenkel das in Fig. 12 gezeichnete Verhalten findet. Weiter nach hinten zu (Fig. 14) stehen Auge und Ganglion in vollkommenem Zusammenhange.

Das das Auge umschliessende Ektoderm besteht aus hellen Pflasterzellen mit mässig grossem Kern. Das Pigment, welches durchwegs zu einem schwarzen geworden ist, liegt in den äusseren Enden von Zylinder- oder Kegelzellen eingebettet. Der Inhalt derselben ist homogenes Plasma und in der Nähe des breiteren Zellendes ein grosser, sich sehr intensiv färbender Kern (Fig. 13).

Die Entstehung der Flimmergrube und des Ganglions aus einer gemeinsamen Anlage habe ich bei der Knospenentwicklung nicht mit Sicherheit beobachten können. In den jüngeren Stadien (Fig. 5 und 6, Taf. X) war das Ganglion, wie ich bereits beschrieben habe, eine eiförmige Zellblase. Auf den Längsschnitten (Fig. 9 und 10, Taf. XVI) zeigt es sich, dass die Wandungen bereits mehrschichtig zu werden beginnen. Die Verdickung der Wandungen schreitet rasch vor, und die Höhlung wird bald zu einem schmalen

[1]) Ussow, „Beiträge zur Kenntniss der Organisation der Tunicaten“. Moskau, 1876. (Diese Arbeit ist russisch).

Spalt verengt, welcher senkrecht zur Medianebene des Thieres verläuft (Fig. 9, Taf. XVIII). Ganz ähnliche Querschnitte erhält man auch durch die entsprechenden Stadien in jungen Embryonen.

Auf dem folgenden Stadium, das ich sah, waren Ganglion und Flimmergrube bereits differenzirt (Fig. 7, Taf. XI). Die letztere war glockenförmig gegen die Athemhöhle geöffnet und ging nach hinten zu ohne deutliche Grenze in die Wandungen des Ganglions über. Hinter der Einmündungsstelle der Flimmergrube war bereits die Anlage zum Rückenzapfen zu erkennen. Ein Schnitt durch das Hinterende der Flimmergrube und den Vordertheil des Ganglions (Fig. 8 auf Taf. XVIII) zeigt den Zusammenhang der beiden Gebilde in einer Weise, dass man leicht versucht sein könnte, für dieselben einen gemeinsamen Ursprung in Abrede zu stellen. Andrerseits ähnelt dieses Stadium so ungemein dem in Fig. 3, Taf. XI für den Embryo gegebenen, bei welchem ich im lebenden Objekte die Abschnürung der Flimmergrube vom Ganglion deutlich verfolgen konnte, dass ich über den Bildungsvorgang in den Knospen ganz zweifelhaft bin.

Bald sind Ganglion und Flimmergrube auseinandergerückt (Fig. 8 u. folg., Taf. X), ohne irgend eine weitere Verbindung zu haben. Die Flimmergrube wird wie bei der Solitärform glockenförmig. Die Wandungen bleiben überall einschichtig (Fig. 15, Taf. XVIII) und umschliessen einen dorso-ventral gerichteten Spalt. Die ziemlich grossen Zylinderzellen erhalten Bewimperung; der Kern ist mässig gross und liegt den äusseren Zellenden genähert (Fig. 15, Taf. XIX). Unmittelbar am Eingange der Flimmergrube fand ich auf Querschnitten an den inneren Zellenden statt der zahlreichen Flimmerhaare breitere, pseudopodienartige Fortsätze (Fig. 16). Der homogenen Substanzschicht (*cs*), welche im Umkreise der Flimmergrube ausgeschieden wird, habe ich oben bereits Erwähnung gethan.

Der Rückenzapfen ist bedeutend in die Länge gewachsen; seine Wandung besteht aus einem Plattenepithel (Fig. 15) und umschliesst eine Fortsetzung der primären Leibeshöhle. Daher zirkulirt auch im Rückenzapfen ein Blutstrom.

Das Ganglion differenzirt sich so wie in der Embryonalentwicklung in das Auge und in das bleibende Ganglion. Ursprünglich liegt die Partie, welche zum Sinnesorgan wird, dorsal. Nach und nach erfolgt aber eine Drehung, durch welche dieselbe mehr nach vorn zu liegen kommt (vgl. Fig. 8 und 11, Taf. X), und schliesslich liegt in alten Thieren, wenn ich dem Querschnitt Fig. 10 auf Taf. XI vertrauen darf, das Auge ventral, das Ganglion dorsal gekehrt.

Bevor noch die Sonderung in das Auge und in das bleibende Ganglion erfolgt, ist die Höhlung in der einheitlichen Anlage ganz geschwunden. Dieselbe stellt jetzt einen rundlichen, gegen den Rücken zu etwas verlängerten soliden Körper dar, der sich aus gleichartigen, grosskernigen Zellen zusammensetzt (Fig. 17, Taf. XVIII). Im dorsalen Theile beginnt ein Pigment sich abzulagern (Fig. 18), wodurch die Entwicklung zum Sinnesorgan eingeleitet wird.

Im Gegensatze zum Embryo, bei welchem die dorsale Augenanlage hufeisenförmig ist, treten bei den Knospen am Ganglion dorsal drei buckelförmige Erhebungen auf, in welchen das Pigment sich bildet. Dieselben werden von dem ektodermalen Hautepithel des Thieres dicht umschlossen, so dass um jeden der drei Pigmentbuckel eine Art Cornea gebildet erscheint (Fig. 8 und 9 auf Taf. XI). Über feinere histologische Details kann ich keine weiteren Angaben machen, weil ich das vollständig ausgebildete Sinnesorgan nicht untersucht habe.

Das bleibende Ganglion, der ursprünglich ventral gelegene Abschnitt, zeigt ebenso wie das des Embryo die Differenzirung in eine peripherische und eine zentrale Partie. Die Zellen der ersteren bilden sich direkt aus den gleichgelagerten, grosskernigen Elementen, welche wir in den jüngeren Stadien (Fig. 17 und 18, Taf. XVIII) bereits kennen gelernt haben. In Fig. 10, Taf. XI lassen sich dieselben wiedererkennen; die äusserste periphere Zellenlage aber (Fig. 11) ist bereits in der Umbildung zu Ganglienzellen weiter vorgeschritten.

Der Verlauf und die Zahl der ausstrahlenden Nerven ist in den jungen Kettenthieren ebenso ungleichmässig, wie in den Solitärformen, die Anzahl aber bei diesen stets grösser als bei jenen. Das vorderste Nervenpaar sah ich dorsalwärts von der Flimmergrube hinziehen und konnte mich bei jüngeren Thieren nicht von der Existenz von abgezweigten Nervenästchen überzeugen, die in die Flimmergrube übergetreten wären.

Die Entstehung des Ganglions und der Flimmergrube bei Embryonen der Salpen aus einer gemeinsamen Anlage hat zuerst Salensky scharf betont. Bei den Knospen ist es mir nicht gelungen, darüber Sicherheit zu erlangen, wenngleich ich glauben muss, dass hier die Verhältnisse ähnlich liegen dürften. Noch unsicherer und widersprechender sind die Angaben über die Entwicklung der gleichen Organe bei den anderen Tunikaten. In der Embryonalentwicklung der Ascidien behauptete neuerdings Van

Beneden [1]) die Entstehung der Flimmergrube vom Ganglion aus. Ich glaube aber, dass man bei vorurtheilsfreier Prüfung der ausserordentlich zahlreichen Abbildungen, von welchen die Beschreibung begleitet ist, den Beweis noch nicht als erbracht ansehen kann. Für die Ascidienknospen wird meistens eine selbständige Entstehung der Flimmergrube aus einer Entodermausstülpung angegeben. Am wichtigsten scheint es mir zu sein, auch hierfür zunächst die embryonalen Entwicklungsvorgänge in den verschiedenen Tunikatengruppen auf einen gemeinschaftlichen Prozess zurückzuführen und erst in zweiter Linie die Knospenentwicklung in Betracht zu ziehen.

Wenn sich Van Beneden's Mittheilungen über die Entstehung der Flimmergrube bei den Ascidienembryonen bewahrheiten sollten, dann herrscht allerdings zwischen Salpen und Ascidien vollkommene Uebereinstimmung, und es muss unter der Voraussetzung, dass die Entstehung der Flimmergrube vom Ganglion aus einen palingenetischen Vorgang darstellt, für jenes Organ nach einem Homologon in anderen Thierstämmen gesucht werden. Entsteht aber bei den Ascidien die Flimmergrube, wie ich glaube, entodermal, so wird jedenfalls zuvor noch die Frage einer Diskussion werth erscheinen müssen, ob die Entwicklungsweise, die wir bei den Salpenembryonen kennen gelernt haben, nicht vielleicht eine cenogenetische sei. Dann gelangen auch die Angaben über die entodermale Entstehung der Flimmergrube in Ascidienknospen zur Bedeutung.

Die Entstehung des Ganglions bei den Knospen der Ascidien aus dem Entoderm lässt sich nach den Beobachtungen Kowalevsky's [2]) nicht so gut verstehen, wie die Herkunft aus dem Mesoderm, welche ich habe beobachten können, und die eine Kontinuität der nervös differenzirten Substanz festzuhalten erlaubt. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei den Salpen. Das Nervenrohr des Stolo entstammt, wie wir gesehen haben, dem Mesoderm des Embryo. Dieser ist einer Ascidienlarve gleichwerthig,

---

[1]) Van Beneden et Ch. Julin „Le système nerveux central des Ascidies adultes et ses rapports avec celui des lavres Urodèles.“ Bull. Acad. R. Sc. Belg. (3) T. VIII.

[2]) A. Kowalevsky, „Sur le bourgeonnement du Perophora Listeri.“ (Trad. par A. Giard) Rev. Scienc. nat. sépt. 1874.

— „Über die Knospung der Ascidien.“ Arch. für mikr. Anat. Bd. X. 1874.

bei welcher der Larvenschwanz zu einem mesodermalen Zellhaufen bereits degenerirt ist. Es ist mir wahrscheinlicher, dass das Homologon des Ascidienschwanzes im Salpenembryo nicht nur in dem eigentlichen Eläoblast, sondern zugleich auch in einer bestimmten Partie von Mesenchymzellen gesucht werden müsse, welche beim Aufbau des Stolo sich betheiligen. Nur eine sehr gründliche Untersuchung der Salpenembryologie wird darüber Aufschluss geben können. Sollte es sich dann vielleicht herausstellen, dass ein Theil der nervösen Anlage in frühesten Embryonalperioden zu Mesenchymzellen zerfällt, die in den Stolo übertreten und dem Nervenrohre im Ascidienschwanze zu vergleichen sind, so wären die strengsten Anforderungen für eine Kontinuität der nervösen Substanz durch beide Generationen hindurch befriedigt. Eine theoretische Nothwendigkeit aber für einen derartigen Entwicklungsmodus kann ich nicht annehmen.

Die Geschlechtsorgane.

a. Der Eierstock.

Ich habe der bereits oben gegebenen Beschreibung der Entwicklung des weiblichen Geschlechtsapparates nicht mehr viel hinzuzufügen, denn die Veränderungen, welche im jungen Kettenthiere weiterhin noch vor sich gehen, sind nur unbedeutender Art. Wir fanden zwischen den beiden Entodermsäcken im hinteren Abschnitte einer jeden Knospe das Ei gelegen, umgeben vom Follikelepithel, und dieses gegen das vordere Ende zu in einen Zellstrang ausgezogen, welcher zum Eileiter wird (Fig. 1—8, Taf. XVI). Wenn dann beim Auseinanderweichen der hinteren Leibesenden der Knospen der kleine Entodermsack von der entgegengesetzten Seite herübergezogen wird, indem die längliche Form des Querschnittes in eine kreisförmige übergeht, wird der Eierstock nach auswärts gedrängt (Fig. 5, Taf. XVII) und zwar entlang der gegen das proximale Stoloende zugekehrten Seite der Knospenwand. Schliesslich gelangt das Ei ziemlich genau in die Medianebene des jungen Kettenthieres dicht hinter die Kloake (Fig. 11, Taf. XVI).

Der Follikel ist während dieser Zeit zu einem sehr feinen Plattenepithel geworden und geht unmittelbar in den Eileiter über (Fig. 4 und 5, Taf. XVIII). Dieser ist in jüngeren Stadien als ein hakenförmig gekrümmter Strang sichtbar, der stets an der rechten Seite des Thieres sich nach vorn zu erstreckt (Fig. 7, Taf. X). All-

mälig nimmt er an Länge zu, bildet eine S-förmig gekrümmte Schleife (Fig. 8 und 9), umwächst schliesslich die rechte Seite des Nucleus und inserirt sich am hinteren Ende der Athemhöhle, die an dieser Stelle tellerförmig eingestülpt ist. Die Zellen der Athemwand sind im unmittelbaren Umkreise der Insertionsstelle kubisch, aber ziemlich klein und gehen nach aussen zu rasch in ein Plattenepithel über. Das Lumen des Eileiters ist stets ausserordentlich fein (*el* Fig. 15, Taf. XVIII), und oft sind die Zellen so dicht aneinandergelagert, dass es ganz schwindet (Fig. 12). Ein Durchtritt des Eies durch den Eileiter findet niemals statt.

Die Eizelle hat schon in sehr frühen Entwicklungsstadien der Knospen ihre volle Grösse nahezu erreicht. Eine Vergleichung der Querschnitte, welche beinahe stets mit derselben Vergrösserung gezeichnet worden sind, besonders aber der Abbildungen auf Taf. XV und der Figuren 4 und 5 auf Taf. XVIII lehren dies ohne Weiteres. Da aber während dieser Zeit die Grösse der ganzen Knospen um ein Mehrfaches zugenommen hat, so ergibt sich nothwendig die Eigenthümlichkeit, auf welche bereits C. Vogt hinwies, dass in jüngeren Knospungsstadien die Eizelle eine relativ bedeutende Masse der gesammten Körpersubstanz repräsentirt (vergl. Fig. 6, Taf. X), dann aber gegenüber dem Gesammtkörper immer kleiner erscheint und schliesslich unmittelbar vor der Befruchtung (Fig. 11) einen verschwindend kleinen Bruchtheil ausmacht. Dann kehrt sich allerdings wieder das Wachsthumsverhältniss um. Der Embryo nimmt bald einen ansehnlichen Theil des Raumes im mütterlichen Körper für sich in Anspruch, und ich habe alte Embryonen gefunden, welche reichlich $\frac{2}{5}$ der mütterlichen Länge massen.

b. Der Hoden.

Der Hoden ist das letzte Organ, welches sich in der Kettensalpe bildet. Die Spermatozoen erlangen erst dann die Reife, wenn das Ei desselben Thieres zu einem ziemlich grossen Embryo geworden ist. Eine Selbstbefruchtung ist, wie schon längst bekannt, bei den Salpen ausgeschlossen. Bei den meisten Ascidien liegen die Reifungsverhältnisse für die Geschlechtsprodukte ähnlich. Krohn [1]) hat zuerst bei den Botrylliden darauf hingewiesen, dass hier die Reifung des Eies im Tochterindividuum mit der

[1]) Krohn, „Über die Fortpflanzungsverhältnisse bei den Bortrylliden“. Arch. f. Natg. Bd. 35. 1869. p. 195.

Spermareife des Mutterthieres zeitlich zusammenfällt und dass wahrscheinlich auch in dieser Weise die Befruchtung stattfindet. Bei Perophora reift nach KOWALEVSKY's [1]) Untersuchung umgekehrt zuerst der Hoden, und dasselbe gibt er für die Kolonien der Pyrosomen [2]) an.

Bei der Beschreibung der Entwicklung des Eierstockrohres habe ich oben bereits erwähnt, dass dieses wahrscheinlich einzelne, zwischen den Eikapseln und hämalwärts zu gelegene Portionen abgibt, welche die Anlage des Hodens repräsentiren (*h* Fig. 3 und 4 auf Taf. XVI). Während aber der Eierstock in der vorhin beschriebenen Weise dorsalwärts wandert, bleibt die Hodenanlage am hintersten Ende der Knospe liegen (Fig. 11—13, Taf. XVIII) und wird zu einer tellerförmig gekrümmten Platte.

Schon bei mittelstarken Vergrösserungen kann man in Totalpräparaten die Zusammensetzung der Hodenanlage aus grosskernigen, dicht aneinander gepressten Zellen erkennen (Fig. 8 und 9, Taf. X). Im hintersten und dorsalen Theil ist die Hodenplatte einschichtig, besteht aber da aus auffallend grossen Zellen, die dem Mitteldarme dicht anliegen. Ventral und nach vorn zu wird dieselbe mehrschichtig, die Zellen sind etwas kleiner und ohne deutliche Grenzen. Eine Auflösung der Kernsubstanz in feinste, das ganze Zellplasma durchsetzende Körnchen habe ich nicht finden können und glaube daher, dass derartige Angaben auf eine ungenügende Konservirung der betreffenden Objekte zurückzuführen sein dürften. Auch auf feinen Querschnitten habe ich die Grenzen zwischen den einzelnen Hodenmutterzellen nur stellenweise sehen können.

Ich glaube, dass von dieser hinteren Hodenplatte alle Zellen ihren Ursprung nehmen, welche beim Aufbau des männlichen Geschlechtsapparates sich betheiligen, obwohl die gleich zu schildernde Entwicklungsweise eine Theilnahme von Mesenchymzellen, die den Seitensträngen entstammen, keineswegs ausschliesst.

Die unmittelbare Lage der Hodenplatte am Darm und Eläoblast begünstigt von dem Zeitpunkte des Freiwerdens der Kettenstücke an, wenn die selbständige Ernährungsfähigkeit der Individuen bei gleichzeitiger Rückbildung des Stoloblast möglich

---

[1]) A. KOWALEVSKY „Sur le bourgeonnement du Perophora Listeri". p. 18.

[2]) Derselbe „Ueber die Entwicklungsgeschichte der Pyrosoma". Arch. f. mikr. Anat. Bd. XI. 1875.

wird, ein ganz enormes Wachsthum. Die neu entstandenen Zellen bleiben nicht sämmtlich mit einander in Verbindung, sondern zerstreuen sich im Nucleus, um später zu den Hodenschläuchen zusammenzutreten. Die Hauptmasse wächst zwischen der Darmschlinge besonders am Enddarme weiter nach vorn, und man trifft diesen in nur wenig älteren Stadien (vgl. die Querschnitte Fig. 1—5, Taf. XVIII) von einer Zellmasse dicht umgeben, welche weiterhin zu Hodenschläuchen wird. Auch von diesen den Darm umspinnenden Schichten lösen sich einzelne Zellen los (Fig. 5, Taf. XIX), um neue Hodenschläuche zu bilden. Alle diese Zellen haben einen grossen, gut färbbaren Kern.

Man kann sich bei der Betrachtung von Totalpräparaten und lebenden Thieren leicht davon überzeugen, dass die Hodenschläuche an mehreren Stellen im Nucleus gleichzeitig und selbständig gebildet werden (Fig. 10, Taf. X), erst nachträglich vereinigen sie sich zum unpaarigen Samenleiter, welcher zwischen Enddarm und Magen auf einer papillenförmigen Erhebung in die Kloake sich öffnet. Der Hoden liegt dem Darme allseitig dicht an und scheint in der That bei flüchtiger Betrachtung als ein wesentlicher Bestandtheil diesem zuzugehören, so dass er von den älteren Beobachtern, von CUVIER und CHAMISSO, als Leber gedeutet werden konnte.

In geschlechtsreifen, alten Kettenthieren macht die Samenmasse weitaus den grössten Theil des Nucleus aus und erfüllt beinahe die gesammte hintere Leibeshöhle; in das äusserste Ende derselben reicht sie allein hinein. Es mag im ganzen Thierreiche keinen zweiten Fall geben, in welchem die Zahl der männlichen Geschlechtszellen die weiblichen auch nur annähernd in gleichem Verhältnisse überwiegt wie bei den Salpen. Man wird aber auch nicht leicht für das Vordringen des Spermatozoons bis zum Ei irgendwo grössere Schwierigkeiten finden können, und trotzdem kann ich mich nicht entsinnen, in älteren Thieren noch unbefruchtete Eier gefunden zu haben.

Die Bildung der Hodenschläuche und Spermatozoen lässt sich auf eine Reihe von Zelltheilungen zurückführen, deren Resultat zweierlei Zellformen sind: die männlichen Geschlechtszellen und die Zellen der äusseren Hodenwandung. Die Entstehung eines Hodenschlauches kann von einer oder nur sehr wenigen Zellen ausgehen. In Fig. 8 auf Taf. XIX sind bei *C* einige Zellen gezeichnet, welche höchst wahrscheinlich auf die Hodenplatte zurückzuführen sein dürften, möglicherweise aber auch von den Seitensträngen ab-

stammen könnten. Solche Zellen vergrössern sich bedeutend und theilen sich dann sehr rasch zu einer Zellgruppe, deren jedes Element einen wohlkonturirten Kern von chromatischer Substanz aufweist. Es ist nicht immer mit Sicherheit zu sagen, inwieweit eine Zellgruppe durch Theilung aus einer oder durch Aneinanderlagerung mehrerer fremder Zellen entstanden ist. Kleinere Haufen, wie die in Fig. 8 *A* und *B* abgebildeten, in welchen das Zellplasma ohne scharfe Grenzen ist, werden wohl auf eine Mutterzelle zurückzuführen sein, grössere aber (Fig. 2) auf mehrere Stammzellen.

Die Differenzirung zu den Wandzellen des Hodens tritt zu sehr verschiedenen Zeiten ein. Man findet oft sehr grosse Haufen von Hodenmutterzellen, die noch ganz gleichartig und kompakt sind, meist aber gruppiren sich schon weniger zahlreiche Zellen peripher, einen zentralen Hohlraum umschliessend (*D* Fig. 8), indem gleichzeitig einige grössere oder kleinere Zellen an der äussersten Peripherie sich spindelförmig ausziehen (Fig. 7), um die äussere Wandung zu bilden. Ein Hinzutreten von neuen Mesenchymzellen ist auch hierfür keineswegs ausgeschlossen. So kommt es zur Bildung eines mehr oder minder langgestreckten Schlauches, der auf dem Querschnitt aus kleinen Spindelzellen zusammengesetzt erscheint und der grosse Zellen in sich einschliesst, welche in lebhafter Vermehrung begriffen sind. Diese Zellen erfüllen oft den ganzen Schlauch, ohne ein zentrales Lumen freizulassen (Fig. 10, Taf. X). Wo aber in jüngeren Hodenschläuchen ein solches sich findet, trifft man in diesem sehr oft neben den Stammzellen der männlichen Geschlechtselemente gelbliche Konkremente, die aus einer homogenen Substanz bestehen (Fig. 7, Taf. XIX) und den als Harnexkrementen gedeuteten Gebilden gleichen, welche bei Ascidien in besonderen Bläschen des Hinterleibes von Müller [1]) entdeckt wurden. Ob Müller's Deutung auf die ähnlichen Körperchen bei den Salpen anzuwenden sei, weiss ich nicht, weil ich keine chemischen Reaktionen versucht habe. Jedenfalls ist ein wichtiger Unterschied der, dass sie dort in besonderen Organen liegen, hier aber nur im Jugendstadium in den Hodenschläuchen zu finden waren.

Die grossen Zellen, welche den Hodenschlauch ausfüllen, zerfallen in kleinere, die wieder heranwachsen und neuerdings sich

[1]) H. Müller, „Bericht über einige vergleich.-anatom. Untersuchungen". Zeitschr. f. w. Zool. Bd. IV. 1853.

theilen, bis endlich die Umwandlung zu Spermatozoen erfolgen kann. Auf Querschnitten durch den Nucleus von alten, geschlechtsreifen Thieren (Fig. 1, Taf. XIX) findet man in den alten Hodenschläuchen die Reifung der Geschlechtszellen von dem Inneren nach der Peripherie vorschreitend. Es lassen sich eine periphere Schicht und eine zentrale ziemlich scharf abgegrenzt unterscheiden; die erstere besteht aus Spermamutterzellen, die letztere aus kleineren Zellen, welche sich — mit wenigen Ausnahmen — in Spermatozoen direkt umbilden oder bereits zu solchen differenzirt haben. Auf ein und demselben Querschnitt findet man in beiden Schichten die Elemente auf verschiedenen Ausbildungsstufen stehend. An den Stellen, an welchen die alten Hodenschläuche die Darmwandungen berühren (Fig. 1 und 4, Taf. XIX), reicht die eigentlich zentrale Partie bis an die äussere Hodenwand heran. Es lässt sich das wohl nur so erklären, dass die Samenmutterzellen in unmittelbarer Nähe des Darmes reicher ernährt wurden und in der Umbildung zu Spermatozoen den andern voranschritten. Das Auftreten der Spermatozoen aber beginnt stets im Zentrum des Hodenschlauches, und nach der Peripherie zu wird eine Spermatoblastenschicht nach der andern aufgelöst.

Was die feineren Details bei der Entstehung der Spermatozoen anlangt, so kann ich mich jetzt nur mit einiger Vorsicht äussern, weil ich noch nicht Gelegenheit hatte, die Beobachtungen zu Ende zu führen. Es fällt hier schwer, den Ausdruck Spermamutterzelle oder Spermatoblast scharf anzuwenden, wenn man darunter nur die Zelle verstehen will, deren sämmtliche Theilstücke sich direkt zu Spermatozoen umbilden. Die letzten Theile verhalten sich nämlich nicht durchaus gleichartig; die einen werden in der That direkt zu Spermatozoen, einige andere aber (vgl. eine der Abbildungen in Fig. 9 auf Taf. XIX) erfahren zuvor noch eine abermalige Vermehrung durch Zweitheilung. Ein Residuum bei diesen Theilungsvorgängen, welches sich nicht zu Geschlechtszellen entwickeln kann, einen sogenannten Spermblastophor habe ich bisher nicht beobachten können, und ich werde daher die von mehreren Seiten anerkannte Homologie dieses Gebildes mit den Richtungskörperchen hier nicht weiter zu erörtern haben.

Da ich, wie gesagt, den Theilungsvorgang der Spermamutterzellen in die jungen Spermatozoen bis jetzt nicht habe genau feststellen können, wende ich mich gleich dazu, die Formveränderungen zu beschreiben, welche die aus dem letzten Vermehrungsakt hervorgegangenen Zellen zu durchlaufen haben. Am lebenden

Objekte bietet die Beobachtung gar keine Schwierigkeiten. Die junge Geschlechtszelle ist rundlich und besitzt einen sehr grossen, ebenfalls runden Kern (vgl. die verschiedenen Abbildungen in Fig. 9, Taf. XIX). Bald zieht sich das Plasma an einer Seite zipfelförmig aus, und auch der Kern dehnt sich in der nämlichen Richtung in die Länge; die Zelle hat jetzt eine birnförmige Gestalt angenommen. Es kann nun noch Zelltheilung auftreten, durch welche wiederum zwei kegelförmige Zellen gebildet werden, oder die Ausdehnung der Zellen in der angegebenen Richtung schreitet weiter vor und führt zur bekannten Form des Spermatozoon, welche in Fig. 9 abgebildet ist. Der Samenkopf ist beinahe ganz vom Kern ausgefüllt und nur von einer ganz dünnen Plasmaschicht umgeben, die sich in den Schwanzanhang fortsetzt, den man in lebhafter Bewegung findet. Derselbe übertrifft gewöhnlich den Kopf um das 2½ bis 3 fache an Länge; in einigen Fällen ist die Grössendifferenz noch bedeutender. Die Gesammtlänge des ausgebildeten, befruchtungsfähigen Samenfadens unterliegt selbstverständlich zahlreichen individuellen Schwankungen. Als mittlere Grösse mag ungefähr 0·055 Millimeter gelten, wovon auf den Kopf 0·015 entfallen.

Die reifen Spermatozoen bewegen sich in der Mitte der einzelnen Hodenschläuche gegen deren Ausführungsgang und durch diesen in den gemeinsamen Samenleiter, aus welchem sie zu grossen, länglichen Ballen verklebt, in die Kloake ejakulirt werden. Bei diesen Wanderungen sind die Spermatozoen zum allergrössten Theil in gleicher Weise gerichtet, mit dem Kopfe nach der Richtung des Weges weisend. Wo im Hodenschlauch die peripherischen Spermatozoen dem Zentrum zuwandern, kann man auf dem Querschnitte eine schöne radiäre Anordnung der jungen Spermatozoen beobachten.

Das Herz.

Das Herz entsteht in den Knospen verhältnissmässig spät, und zwar, wie schon Vogt und Leuckart betont haben, später in den Knospen als in den solitären Embryonen, ein Verhältniss, das Leuckart, wie mir scheint mit vollem Recht, aus den eigenthümlichen Beziehungen zwischen Knospen und Knospenstock abzuleiten versucht [1]. Vogt [2] glaubt die entodermale Entstehung

---

[1] Leuckart, „Zoologische Untersuchungen." II. Heft, p. 73.
[2] Ch. Vogt, „Recherches sur les animaux infer. de la Méditerranée". II. Mém. p. 45.

des Herzens bei den Salpenknospen beobachtet zu haben, und Brooks [1]) hat sich ihm angeschlossen. Mir ist es indessen nicht möglich gewesen, mich von der Richtigkeit dieser Angaben zu überzeugen; vielmehr habe ich die Entstehung des Herzens aus dem Mesoderm und zwar wahrscheinlich aus dem von der entgegengesetzten Seite des Stolo hinüberwachsenden Seitenstrange verfolgen können.

Der erste Vorgang bei der Bildung der Perikardialblase ähnelt der Entstehung der Kloakalblase im dorsalen Abschnitte der Knospe. Das ventral gelegene Mesoderm im hinteren Leibesabschnitt wird in einem bestimmten Umkreise zu zwei übereinander gelagerten Zellschichten, die sich von einander ein wenig abheben und somit einen Hohlraum einschliessen. Bald trennt sich dieser Mesodermtheil als eine Blase, die Perikardialblase, vom übrigen Mesoderm ab (Fig. 10 und 14, Taf. XVI) und ist als ein selbständiges Gebilde zwischen Darm und ventraler Leibeswand in der primären Leibeshöhle liegend erkennbar. In Fig. 9 auf Taf. XVII ist die Bildung der beiden epithelialen Schichten aus dem Mesoderm zu erkennen. Die eingeschlossene Höhlung hat die Form eines schmalen, zu der Darmwand parallel verlaufenden Spaltraumes.

Die weiteren Umbildungen dieser flachgedrückten Blase zum Perikardium und Herzen sind die nämlichen wie in der Ascidienentwicklung. Es erfolgt eine konkave Krümmung gegen den Rücken zu (Fig. 6, Taf. XVIII). Die dorsale Wand stülpt sich immer tiefer ein (Fig. 5), bis schliesslich die beiden freien Ränder dorsal mit einander verwachsen; nur an einer Stelle vorn und hinten unterbleibt die Verschmelzung. Somit ist ein doppelwandiges Rohr gebildet worden. Das innere Lumen stellt die Herzhöhle dar und öffnet sich durch die zwei Spalten in die Leibeshöhle. Das Lumen, das zwischen den beiden Wandungen liegt, ist vollkommen geschlossen und repräsentirt die Perikardialhöhle. Die äussere Wand ist das Perikardium, die innere der Herzschlauch.

Indem ein Theil der Leibeshöhle zur Herzhöhle abgeschnürt wurde, gelangen die Mesenchymzellen in dieselbe und werden zu Blutkörperchen, die durch die beiden Spaltöffnungen in die Leibeshöhle abwechselnd vorn und hinten ausströmen, wenn nach Ausbildung der Muskelfibrillen der Herzschlauch rhythmische Pulsa-

[1]) Brooks, „The development of Salpa“. p. 334.

tionen auszuüben vermag. Dies tritt lange vor dem Freiwerden der Kettenglieder ein, und man kann sich da leicht überzeugen, dass der Blutkreislauf der Stolothiere mit dem der solitären Form nicht zusammenhängt. Die Blutkörperchen der letzteren überragen die Blutzellen der Knospenthiere um ein Bedeutendes an Grösse.

Die histologische Umbildung der anfangs ganz gleichartigen, ungefähr kubischen Zellen erfolgt ziemlich rasch. Bei der Grössenzunahme des ganzen Organes gehen die Zellen des äusseren Sackes in Plattenzellen über, die, solange der dorsale Herzspalt noch ganz offen ist, an den Übergangsstellen in den inneren Schlauch mehr kubisch bleiben (Fig. 5, Taf. XVIII). Die Zellen des letzteren bringen, wie bekannt, schliesslich Fibrillen zur Sonderung, an welchen eine Querstreifung deutlich zu erkennen ist. Die Muskelzellen des Herzens tragen, obwohl sie mesenchymatösen Ursprungs sind, doch den Charakter von Epithelmuskelzellen, der sonst im Allgemeinen auf den Mesoblast und die beiden primären Blätter beschränkt zu sein scheint. Schon GIARD [1]) hat bei den Ascidien auf dieses eigenthümliche Verhalten aufmerksam gemacht.

Das Herz liegt in der Kettenform nicht genau in der Medianebene des Körpers, sondern ein wenig asymmetrisch nach rechts verschoben (vgl. Fig. 8 und 9 auf Taf. X). Dorsal verschmelzen Herz- und Perikardialwand und legen sich dicht an die Athemhöhlenwandung an. Ventral und seitlich grenzt das Perikardium an den inneren Cellulosemantel, während die entsprechenden Herzwandungen frei liegen und die Zirkulation des Blutes besorgen. Besondere vom Herz ausgehende Blutgefässe fehlen.

Der Elaeoblast.

Von KARL VOGT wurde zuerst in den „Bilder aus dem Thierleben" an der Kettenform ein embryonales Organ beschrieben, das er Stoloblast nannte und mit der Placenta der Embryonen homologisirte. Später hat er dieses Gebilde bei Salpa pinnata nochmals beschrieben und abgebildet (Rech. s. l. animaux inf. d. l. Méditerranée. II. Mém. p. 46 u. fg.) und seine Ansicht über die Bedeutung desselben nicht geändert. LEUCKART gelang es nicht, dieses Organ bei anderen Salpenarten aufzufinden, und in der That gibt es bei Salpa mucronata kein Knospenorgan, welches der Pla-

---

[1]) A. GIARD, „Sur l'embryogénie des Ascidies du genre Lithonephria". Compt. rend. 6. Juin 1881.

centa des Embryo homolog wäre [1]). Ich folge daher ohne Bedenken einer von anderer Seite bereits ausgesprochenen Ansicht, dass VOGT's Stoloblast der Salpa pinnata dem Eläoblast der Kettenthiere von anderen Spezies und weiterhin auch dem Eläoblast der Embryonen gleichzusetzen sei. Allerdings muss der Ausdruck Eläoblast auch für diese letzteren in einer etwas eingeschränkteren Bedeutung gebraucht und nur auf den wirklich embryonalen Zellhaufen angewendet werden, wie ich das bereits im Eingange der Untersuchung auseinandergesetzt habe.

Der Eläoblast entsteht in der Knospe aus dem ventralen, ziemlich in der Medianebene gelegenen Mesoderm des hinteren Leibesabschnittes. Ich glaube, dass Eläoblast und Herz aus einer ursprünglich gemeinsamen Anlage hervorgehen. Anfänglich ist die Anlage des Eläoblastes als ein Zellhaufen zu erkennen, dessen Zellen untereinander ganz gleichartig und denjenigen des übrigen Mesoderms vollständig ähnlich sind. Die einzelnen Stadien ihrer Umbildung habe ich nicht beobachten können und glaube, dass dieselbe sehr rasch erfolgt. Denn bald sieht man in noch ganz jungen Knospenthieren den Eläoblast als ein wohlabgegrenztes Gebilde, das sich aus grossen bläschenförmigen Zellen zusammensetzt, die denen im Eläoblast des Embryo sehr ähneln.

Auf den Schnitten (Fig. 1—6 auf Taf. XVIII) lassen sich die Grenzen zwischen den einzelnen Zellen nicht feststellen. Man findet ein Netzwerk von Plasma, welches an den verschiedenen Stellen von sehr verschiedener Dichte ist und eine Anzahl bei der Färbung mit Pikrokarmin nicht besonders scharf hervortretender Kerne eingebettet enthält. Das Netzwerk umschliesst rundliche Vakuolen, die im lebenden Thiere wohl mit Öl- oder Fetttropfen erfüllt waren und durch die Alkoholbehandlung ausgezogen wurden. Aus dem in Fig. 11 abgebildeten Längsschnitte erhält man am besten eine Vorstellung über die Form des Eläoblasthaufens, der sich nach hinten zu bis an den Hoden erstreckt und demselben später als

[1]) Ich finde daher den Vorwurf, welchen VOGT (Anmerkung auf p. 47) gegen LEUCKART erhebt, ganz ungerechtfertigt. Es ist durchaus kein Widerspruch, wenn LEUCKART p. 57 ein dem Eläoblast der Embryonen homologes Gebilde bei Kettensalpen annimmt und p. 74 VOGT's Stoloblast, ein „der Placenta vollkommen gleichwerthiges Organ“, bei Salpa mucronata fehlen lässt. VOGT's Angriff beweist nur, dass er selbst bei der Vergleichung des Stoloblast der Kettenform die Placenta und den Eläoblast des Embryo als verschiedene Gebilde nicht auseinandergehalten hat.

desorganisirtes Nährmaterial zu Gute kommt. Diese Rückbildung erfolgt um die Zeit des Freiwerdens der Ketten, bald früher, bald später.

Zur Zeit seiner grössten Ausdehnung füllt der Eläoblast einen beträchtlichen Theil des Nucleus im jungen Kettenthiere aus (Fig. 9, Taf. X). Er liegt links vom Herzen, und seine Hauptmasse hinter demselben; ventral stösst er dicht an das Hautepithel, dorsal an den Enddarm und die diesen umgebenden Hodenschläuche.

Wenn der Eläoblast des Kettenthieres dem gleichbenannten Organe des Embryo vollständig homolog ist, dann müsste ihm wie diesem die morphologische Bedeutung eines rudimentär gewordenen Ruderschwanzes zugesprochen werden. Die physiologische Bedeutung ist für Stoloblast und Eläoblast die nämliche und von Leuckart für die Embryonalentwicklung gewiss mit vollem Rechte dahin charakterisirt worden, „dass der Ölkuchen nur ein vorläufiges Depot von Nahrungsstoffen bildet, die während der späteren Entwicklung allmählich verbraucht werden“ (l. c. p. 57). Es bleibt freilich noch abzuwarten, ob spätere Untersuchungen über die Embryologie der Salpen die Homologie des Eläoblasts und Ruderschwanzes bestätigen werden, bevor man mit Bestimmtheit behaupten darf, dass in dem Knospungsprozess der Salpen die freischwimmende Stammform allerdings stark cenogenetisch auftritt. Es ist das meiner Ansicht nach ein nicht zu unterschätzender Unterschied von der Knospung der Ascidien. Früher bereits [1]) habe ich darauf hingewiesen, dass in dieser das Homologon der freischwimmenden, geschwänzten Stammform fehlt und diesen Umstand unter anderen mit als Stütze für die Ansicht angeführt, dass die Knospung bei den Ascidien phylogenetisch erst nach deren Festsetzung aufgetreten sei. Es ist einleuchtend, dass durch jene Verhältnisse für die Ableitung des Salpenstammes aus festsitzenden, knospenden Ascidien eine neue Schwierigkeit erwächst, die bei der Annahme des von mir entwickelten Stammbaumes der Tunikaten [2]) vollständig ungezwungen sich löst.

Das Mesenchym und die Muskelbänder.

Unter Mesenchym fasse ich in diesem Abschnitte die Bindegewebs-Blut- und Muskelfaserzellen zusammen, Gebilde also, welche aus einem Theile der beiden Seitenstränge entstanden sind. Obwohl ja Hoden, Eläoblast und Muskelbänder ganz ähnlichen Ursprungs

---

[1]) „Eibildung und Knospung von Clavelina lepadiformis“ p. 48.

[2]) „Die Entwicklungsgeschichte der socialen Ascidien“. p. 116.

sind, ist doch ein wichtiger Unterschied darin gelegen, dass jene Zellen sich nicht zur Bildung einheitlicher höherer Organe zusammenfinden, sondern höchstens sich zu Zellgruppen oder Zellfäden vereinigen, welche im Allgemeinen nur untergeordnete Funktionen auszuüben im Stande sind. Schliesslich sind ja alle Organe der Kettensalpe, welche zwischen Hautepithel und Darmschlauch in der primären Leibeshöhle liegen und zum Theil aus wohldifferenzirten epithelialen Zellschichten sich zusammensetzen, aus einer Anzahl Mesenchymzellen des Embryo entstanden, die aber für diesen selbst nur dieselbe morphologische Bedeutung haben, welche den hier als Mesenchym bezeichneten Zellen im Stolothiere zukommt.

Es ist bereits erwähnt worden, dass die Seitenstränge in jeder Knospe zu einer gekrümmten Zellschicht geworden sind, aus welcher auf die beschriebene Weise Kloake, Herz und Eläoblast sich entwickelt haben. Es ist aber damit das Material der Seitenstränge noch lange nicht aufgebraucht, sondern es bleibt eine beträchtliche, mehrschichtige Zellplatte zurück, welche noch weitere Umbildungen zu erfahren hat.

Während noch die Entwicklung der eben erwähnten Organe aus den Seitensträngen erfolgt, löst sich von denselben nach und nach eine grosse Anzahl von Zellen los, um die Leibeshöhle zu durchwandern und zum Mesenchym zu werden. Die meisten dieser Zellen bleiben einzeln oder verbinden sich, wie die Muskelfaserzellen, zu Zellreihen. Nur ein verhältnissmässig kleiner Theil vereinigt sich zur Bildung von Zellblättern, die stets endothelartig ein feines Plattenepithel darstellen. Derartige Plattenepithele entstehen gleichzeitig an mehreren Stellen und verbinden sich späterhin theilweise zu grösseren einheitlichen Zellflächen, weil ihrer Ausdehnung ganz bestimmte Bahnen vorgeschrieben sind, die das Aufeinanderstossen und Verschmelzen herbeiführen müssen. Eine solche Bildung erfolgt einmal um den Darmtraktus und theilweise um den Hodengang, dann an gewissen Stellen als innere Begrenzung des inneren Cellulosemantels, als Auskleidung von Blutbahnen und einzelnen Sinus der Leibeshöhle.

Die Bildung des darmumschlingenden Endothels ist in Fig. 5 auf Taf. XIX zu sehen. Die von den Seitensträngen losgelösten Zellen nehmen die verschiedensten Formen an. Die unmittelbar an die Magenwandung gelagerten gehen im Querschnitt aus der rundlichen in eine spindelförmige über und bilden schliesslich (Fig. 1 und 3) eine vollständige Zellplatte.

Die Bildung des Endothels der Blutbahnen erfolgt in ganz ähnlicher Weise, nur scheinen mir die Zellen, wo sie überhaupt vorhanden sind, noch feiner zu sein. Am besten lässt sich die Entstehung auf Querschnitten durch das Kiemenband erkennen (Fig. 19, Taf. XIX). Solche Bilder scheinen mir dann auch darauf hinzuweisen, dass die homogene Substanzschicht, welche zwischen dem Endothel und der äusseren Wand des Kiemenbandes gelegen ist, von den Endothelzellen ausgeschieden wurde, während dieselben sich aus rundlichen und sternförmigen Bindegewebszellen zu Elementen eines feinen Plattenepithels umwandelten. Ähnliche Verhältnisse wie im Kiemenbande findet man auch an anderen Stellen der Blutbahnen in der Leibeshöhle (vgl. die beiden Blutbahnen zu den Seiten des Endostyls in der nämlichen Figur), während wiederum an vielen Orten eine Endothelbegrenzung durchaus nicht nachweisbar ist und die Cellulosesubstanz die Wandungen der Blutbahnen bildet (Fig. 13 und 15, Taf. XVIII). Doch wird man dieser Verschiedenheit keine wesentlichere Bedeutung beimessen dürfen.

Ein anderer Theil der von den Seitensträngen losgelösten Mesenchymzellen behält die runde Form bei (*mz* Fig. 7, Taf. XIX), oder geht in eine sternförmige über (Fig. 5 und 10 *B*), diese in einigen Fällen in eine prismatische mit theilweise gabelförmig gespaltenen Enden (Fig. 10 *C*), kurz es kommen die mannigfachsten Formen und Formübergänge vor. Ich glaube, dass alle diese Zellen wahrscheinlich in ihrem ersten Entwicklungsstadium kurz nach der Lostrennung vom Seitenstrang sich an der Bildung der inneren homogenen Substanzmasse betheiligen. Im Gegensatze zu den oben beschriebenen Plattenepithel- oder Endothelzellen kommen sie aber weiterhin nicht an die Oberfläche zu liegen, sondern bleiben in der Interzellularsubstanz nach Art echter Bindegewebszellen vertheilt. Wie gesagt, weiss ich es nicht durch Beobachtungen zu bestätigen, dass die homogene Substanz Cellulose sei.

Dieses Bindegewebe, welches die primäre Leibeshöhle bis auf die Blutbahnen ausfüllt, hat wohl vorzüglich die Bedeutung, dem ganzen Körper eine festere Beschaffenheit zu verleihen und gleichzeitig die inneren wichtigeren Organe in bestimmter Lage festzuhalten. Diese letztere Aufgabe lässt sich für die in Fig. 10 *C* abgebildeten Zellen oder auch Zellreihen direkt nachweisen, denn man sieht, wie dieselben sich einerseits am Darm und besonders an den Hodenschläuchen inseriren und die Leibeshöhle wie Trabekel

durchsetzend auf der anderen Seite an der äusseren Leibesschicht befestigen.

Ich habe oben bereits darauf hingewiesen, dass ein Theil des inneren Cellulosemantels wahrscheinlich vom Ektoderm aus gebildet werde. Es stehen dieser Annahme, für welche ich allerdings nicht genügende Beobachtungen anzuführen in der Lage war, jedenfalls gewisse theoretische Bedenken im Wege. Der ganze innere Mantel bildet ein vollkommen einheitliches Gewebe, und es sollte ein solches also durch Verschmelzung zweier Bildungen entstanden sein, welche von zwei verschiedenen Keimblättern her ihren Ursprung genommen haben. Dass ein Organ durch Zusammenwirkung verschiedener Keimblätter entstehen kann, ist eine längst bekannte Thatsache, und nicht minder fest steht die Entstehung ein und derselben Gewebsform aus verschiedenen Blättern. In unserem Falle kommt es nun schliesslich zur vollständigen Vereinigung dieser verschieden entstandenen Gewebsform in ein und demselben Individuum zu einem einheitlichen Gebilde.

Ein dritter Theil der Mesenchymzellen wandelt sich zu Muskelfaserzellen um. In Fig. 10 *A*, Taf. XIX sind zwei solcher in Umformung begriffener Mesenchymzellen gezeichnet worden. Der Kern ist gross und liegt dem verbreiteten Zellende genähert. Die beiden Zellen stossen im folgenden Stadium aneinander und verschmelzen zu einer Muskelfaser. Aus der Form der Zellen lässt sich ohne Weiteres auf die Art der Verschmelzung schliessen. Durch Aneinanderreihung einer grösseren Zahl solcher Muskelzellen entstehen Muskelfasern von beträchtlicher Ausdehnung, und wenn sich mehrere Muskelfasern neben einander ausbilden (Fig. 12), können dieselben eine sehr bedeutende Wirkung ausüben. Die Kerne lassen sich stets in den Fasern nachweisen.

Diese echten Mesenchymmuskel finden sich in beträchtlicher Anzahl an den beiden Körperöffnungen, wo sie als Schliessmuskel eine wichtige Rolle spielen. Der Verlauf derselben ist aus der in Fig. 11, Taf. X gegebenen Abbildung zu ersehen, und es scheint mir daher überflüssig zu sein, hier noch eine ausführlichere Beschreibung folgen zu lassen. Nur darauf will ich noch hinweisen, dass die Anordnung der Muskelfasern eine derartige ist, dass durch die Kontraktionen derselben immer nur eine Schliessung der Öffnungen herbeigeführt werden kann, indem die lippenartigen Ränder an- und übereinandergepresst werden. Lässt die Muskelkontraktion nach, so ist es die Elastizität des Cellulosegewebes, durch welche die Öffnung der Ränder erfolgt.

Während alle bisher beschriebenen Mesenchymzellen nur während der allerersten Stadien nach ihrer Lostrennung von den Seitensträngen in der Leibeshöhle sich bewegen oder bewegt werden, dann aber stabil bleiben, behält ein anderer Theil zeitlebens seine freie Beweglichkeit bei: es sind das die Blutzellen. Da die Fixirung der freien Mesenchymzellen, wie es scheint, während der ganzen Entwicklungszeit des Thieres stattfinden kann, besteht weiter kein wesentlicher Unterschied zwischen Blutzellen und fixirten Bindegewebszellen. Nur in den letzten Stadien, wenn die Blutzellen zu grossen, wurst- oder stäbchenförmigen Gebilden geworden sind (*bz* Fig. 7, Taf. XIX), ist deren direkte Umwandlung in feste Bindegewebszellen ausgeschlossen. Man sieht aber öfters eine Auflösung dieser grossen Blutkörper in einzelne Theilstücke, die dann zwischen jenen in der Blutflüssigkeit sich weiterbewegen. Obwohl ich nun zwar die Entwicklung der wurstförmigen Blutkörper nicht beobachtet habe, scheint mir der eben erwähnte Zerfall derselben ihre Deutung als mehrzellige Gebilde und nicht etwa als Zellen mit in einzelne Körnchen vertheilter Kernsubstanz zu fordern. Zudem hat TODARO [1]) bei den Embryonen von Salpa pinnata die Entwicklung der Blutkörper und die Auflösung in einzelne Zellen genau verfolgt, und ich glaube, dass die Verhältnisse hier ganz ähnlich sein werden. —

Der grösste Theil der Zellen der Seitenstränge bleibt aber zu Zellplatten verbunden, die in der bereits beschriebenen Weise den Darmtraktus und die Athemhöhle umgürten (vgl. Fig. 5—7, Taf. XVII), und in welche Ganglion und Kloakalblase eingebettet erscheinen. Bald bemerkt man, dass diese mehrschichtigen mesodermalen Zellstreifen an bestimmten Stellen zu den beiden Seiten des jungen Kettenthieres fensterförmige Durchbrechungen erhalten, indem daselbst neuerdings eine Auflösung in die einzelnen Zellen erfolgt, welche sich loslösen und vom Blutstrom ergriffen werden. Diese Zellen tragen wesentlich zur Vermehrung der Blutzellen bei, welche früher schon durch partielle Auflösung an der Peripherie der Seitenstränge gebildet worden waren. Die Lückenräume in den Mesodermplatten verschmelzen zum Theil untereinander, dehnen sich aus, bis endlich die kontinuirlichen Mesodermplatten an den beiden Seiten der jungen Knospe zu einer Anzahl hintereinander gelegener Streifen geworden sind, welche die einzelnen Muskelbänder darstellen (Fig. 7, Taf. X). Die Lückenräume werden immer

[1]) F. TODARO, „Sopra lo sviluppo e l'anatomia delle Salpe". Roma, 1875. conf. Tab. IV., Fig. 35.

grösser, und bald haben die sechs [1]) Muskelreifen die bleibende Anordnung erhalten (Fig. 8), die von früheren Autoren bereits zur Genüge beschrieben worden ist und bei einem Blick auf die Figuren 11 und 12 auf Taf. X sofort klar sein wird. Ein jedes Muskelband besteht aus zwei Hälften, die ventral weit voneinander entfernt (Fig. 12), dorsal aber so dicht ineinander gefügt sind, dass an einigen Stellen die einzelnen Längsfasern fingerförmig ineinander greifen. Das hinterste Muskelband (Fig. 11) ist nur sehr kurz und dorsal jederseits mit dem vorletzten verbunden. Ebenso sind auch die drei vorhergehenden Muskelreifen, der zweite bis vierte, in der Medianebene am Rücken verschmolzen.

In der Embryonalentwicklung bilden sich die Rumpfmuskel auf die nämliche Weise durch Auftreten von fensterförmigen Durchbrechungen. Es entstehen schliesslich aber sieben Muskelbänder (Fig. 1, Taf. X), die bis auf das erste und letzte auch ventral aneinander stossen. Das neuaufgetretene Band schiebt sich zwischen das erste und zweite der Kettenform ein, und vielleicht ist in dieser der nach dem Rücken und nach hinten zu gerichtete Querast des ersten Muskelreifens (Fig. 11) das Homologon des wohlentwickelten zweiten der Solitärform. Bei dieser stellt ja auch der nur rudimentäre letzte der Kettensalpe ein mächtiges Gebilde dar. Im Embryo sind nicht nur der 3. bis 5. und dann auch die beiden letzten Muskelreifen dorsal verschmolzen, sondern ausserdem noch der 5. und 6. ventral.

Auf Schnitten lässt sich in den histologischen Prozess der Bildung der Muskelbänder eine Einsicht gewinnen. In den Stadien, welchen die Abbildungen 7 und 8 auf Taf. XVI entnommen sind, sind die Durchbrechungen noch nicht aufgetreten, und die Mesodermplatte ist eine zusammenhängende mehrschichtige Zellmasse. In Fig. 12 auf Taf. XVI und Fig. 13, Taf. XVIII, welche Längsschnitte durch junge Knospenthiere darstellen, sind bereits die einzelnen Bänder isolirt zu sehen. Dieselben sind beinahe durchwegs zweischichtig geworden und besitzen eine verschiedene Breite. Auf Querschnitten durch etwas jüngere Stadien (Fig. 16—18, Taf. XVIII und Fig. 12, Taf. XVII) lässt sich leicht erkennen, dass das Mesoderm bereits in einzelne Muskelreifen differenzirt ist,

[1]) Leuckart zählt das vorderste Band sowohl bei der Kettenform als bei der solitären Salpe nicht den Rumpfmuskelreifen zu, sondern betrachtet es im Gegensatze zu diesen als Sphinkter.

die an verschiedenen Stellen von sehr wechselnder Dicke und an einzelnen Punkten sogar fünfschichtig sind.

Nur ganz allmählich wird die Rumpfmuskulatur überall einschichtig, indem die übereinander liegenden Zellen sich hinter- und nebeneinander einschieben. Eine Loslösung und Umwandlung von einzelnen Zellen zu Blutzellen habe ich in diesen letzten Stadien nicht mehr gesehen.

Die Zellen der nunmehr einschichtigen Muskelbänder haben aber gleichzeitig eine ganz bestimmte Anordnung erhalten. Sie sind zu langen Reihen verbunden, welche die Länge der Muskelbänder selbst haben und als Muskelfasern angesehen werden müssen. Dieselben sind in ihrem ganzen Verlaufe von gleicher Stärke, denn die sie zusammensetzenden Zellen sind kubisch oder in der Richtung der Fasern zu rechtwinkligen Parallelepipeden ausgezogen. Kerne und Zellgrenzen sind in jüngeren Stadien gut zu erkennen. Die Zahl der ein Muskelband zusammensetzenden Fasern ist verschieden und schwankt zwischen 2 und 5. In der Solitärform ist sie bedeutender. Doch hat alle diese Verhältnisse bereits LEUCKART näher beschrieben und auch genaue Messungen über die verschiedenen Dimensionen der Muskelfasern und ganzen Bänder vorgenommen.

Ich möchte hier nur noch mit einigen Worten auf die Bildung der Fibrillen und das Auftreten der Querstreifung hinweisen, ohne allerdings diese Frage definitiv erledigen zu können, da ich bis jetzt nicht in der Lage war, die Endstadien der Muskelentwicklung zu untersuchen. In Fig. 11 *A* auf Taf. XIX ist der Querschnitt durch ein Muskelband abgebildet, das aus drei Muskelfaserzügen besteht. In der Substanz der Zellen ist eine Differenzirung eingetreten; an der äusseren, dem Ektoderm zugekehrten Seite ist eine kutikulaähnliche, verdichtete Schicht aufgetreten, welche sich ununterbrochen über die Muskelfasern ausbreitet. Die Randzellen entwickeln eine solche auch an ihrer äusseren seitlichen Fläche, und nach und nach wird das Muskelband von einem Randsaume allseitig umgeben. Bevor noch die kontraktile Substanz sich so weit ausgedehnt hat, zerfällt sie an der äusseren Seite in ebensoviele Portionen als Muskelfasern vorhanden sind (Fig. 11 *B*). Ich muss nun wohl annehmen, dass die einzelnen Fibrillen, welche jede Muskelfaser ihrer Länge nach durchziehen, aus einem Zerfall der Fibrillenschicht entstanden seien, welche vorher in continuo über die ganze Breite einer Faser sich ausgedehnt hat. Was nun das Auftreten der Querstreifung an den Fibrillen anlangt, so scheint es mir, als ob dasselbe auf abwechselnde wellenförmige

Verdichtungen und dazwischen liegende Verdünnungen in der fibrillären Substanz zurückzuführen sein möchte. Die gleiche Lage derselben in den nebeneinander verlaufenden Fibrillen lässt mich vermuthen, dass diese Verdickungen an der Fibrillenschicht durch die ganze Breite der Zellen hindurch aufgetreten sein dürften, bevor noch der Zerfall in Fibrillen stattfand.

Es scheint mir, dass die feineren histologischen Verhältnisse der Salpenmuskel einer nochmaligen Untersuchung wohl werth wären, wenn man dabei den allgemeinen Gesichtspunkt, der erst durch die Brüder HERTWIG [1]) als wesentlich erkannt wurde, nicht aus dem Auge verliert.

Die Höhlungen des Körpers.

Es sollen in diesem letzten Abschnitte keine neuen Umbildungen mehr beschrieben, sondern nur einige Verhältnisse im Zusammenhange nochmals auseinandergesetzt werden, weil ich glaube, dass dadurch zu einer deutlicheren Vorstellung des ganzen Knospungsprozesses noch beigetragen werden kann.

In dem jungen Keimstock finden sich zwei Höhlungen, welche von einem einschichtigen Epithel umschlossen werden. Die innere ist eine Fortsetzung der Athemhöhle des Embryo, die äussere, welche jene ringförmig umschliesst, eine Ausstülpung der primären Leibeshöhle und wird als Stolohöhle bezeichnet. In ihr liegt das Mesenchym, welches anfänglich oft die Höhlung ganz ausfüllt, später sich auf die beschriebene Weise zu vier Zellsträngen anordnet. Die Stolohöhle wird durch die Absonderung einer homogenen Substanz, die von den Blutzellen und von den aus den Seitensträngen losgelösten Zellen erfolgt, so verengt, dass nur zwei Blutbahnen, eine neurale und eine hämale, frei bleiben, welche in das Lakunensystem des mütterlichen Embryo einmünden (Fig. 12 Taf. XII, Fig. 5—7 Taf. XIII). In ihnen zirkulirt das Blut des Embryo, und da die beiden Bahnen durch ein Endothel und eine homogene Schicht begrenzt sind, können die Blutkörperchen nicht in die Knospen übertreten. In den allerletzten Stadien, wenn die Knospen beinahe vollkommen isolirt sind, und der embryonale Kreislauf des Blutes in den beiden Blutbahnen schon längst aufgehört hat, wird — wie ich das beschrieben habe — der gemeinsame, zentrale Stoloabschnitt in die Individuen abwechselnd rechts

[1]) O. u. R. HERTWIG, „Die Coelomthorie". Jen. Zeitschr. f. Naturw. Bd. XV. 1881. Vgl. besonders p. 94—105.

und links einbezogen. Die Endothelmembran wird aufgelöst, und die Blutbahnen gehen in die Leibeshöhlen der Kettenthiere über. Auch die wenigen Blutkörperchen des Embryo, die gerade an den betreffenden Stellen schwammen, als der Kreislauf aufhörte, gelangen, aber wie ich glaube nur als desorganisirtes Nährmaterial, in die Leibeshöhlen der verschiedenen Kettensalpen.

Diese Höhlungen nun sind nichts anderes als Theile und Ausstülpungen der Stolohöhe und sind somit der primären Leibeshöhle des Embryo vollkommen gleichwerthig. Die Ableitung und der Zusammenhang beider hat sich in der vorliegenden Untersuchung klar ergeben, nur darf man sich dadurch nicht beirren lassen, dass durch die Endothelwandungen die Blutbahnen abgeschlossen werden. Bei dem Wachsthum der Knospen treten zwischen dem Ektodermschlauch und Entodermrohr und der homogenen Cellulosesubstanz neue Lückenräume auf, die immer wieder nur als homolog der Stolohöhle angesehen werden können. Übrigens glaube ich, dass ein Theil der homogenen Substanz, die in der Stolohöhle schon sehr früh in bedeutendem Umfange aufgetreten ist, doch sehr bald wieder aufgelöst wird, und vielleicht sogar die gesammte innere Cellulose des späteren Kettenthieres eine Neubildung sein dürfte. Somit ist also die primäre Leibeshöhle, das Blastocoel, der Kettenform aus der nämlichen Körperhöhlung des Embryo hervorgegangen. Durch die Einengung des Blastocoels der Knospen zum Schizocoel oder Pseudocoel der Kettenthiere und durch den nämlichen Vorgang im Embryo sind die pseudocoelen Leibeshöhlen desselben und jener ihrer Kommunikation verlustig geworden.

Die innere Höhlung des Stolo, welche vom Entodermschlauch umschlossen ist, bleibt für's Erste vollkommen abgeschlossen. Durch die komplizirten Faltungen, die wir oben kennen gelernt haben, geht dieselbe in die Athemhöhlen und das gesammte Darmlumen aller Knospen über. Die Athemräume derselben stehen durch den horizontalen Entodermspalt sehr lange Zeit untereinander in Verbindung. Erst in späteren Stadien der Knospenbildung, wenn jene Entodermverbindung geschwunden ist, öffnet sich das Entodermrohr einer jeden Knospe durch die Ingestionsöffnung nach aussen, durch die beiden Kiemenspalten und den Anus in die Kloakenhöhlung. Das Entoderm und die von ihm umschlossene Höhlung der Kettensalpen lässt sich somit aus den nämlichen Abschnitten des Embryo ableiten, und die Entwicklungsgeschichte zeigt als eine palingenetische klar und deutlich die Homologien

in einer Kontinuität der Schichten durch den ganzen Entwicklungscyklus.

Wenn wir von der nur vorübergehend auftretenden Höhlung im Ganglion und von der Flimmergrube absehen, so kommt als eine Körperhöhlung von bedeutenderem Umfange zunächst der Kloakenraum in Betracht, in welchen Exkremente und Geschlechtsprodukte ausgeworfen werden, um schliesslich durch die Egestionsöffnung in das Wasser zu gelangen. Auf die ganz eigenthümliche Genese dieser Höhlung in der Knospenentwicklung habe ich bereits hingewiesen, und ich zweifle durchaus nicht daran, dass dieser Bildungsmodus ein so stark cenogenetischer ist, dass aus ihm auf die phylogenetische Entwicklungsweise des Organes in der Embryonalentwicklung gar nichts geschlossen werden darf. Nur durch das Studium dieser kann man einen klaren Einblick in die Homologien der Organe und deren phylogenetische Entstehung im ganzen Tunikatenstamm erwarten.

Die Kloake der Kettenthiere entsteht aus einer bestimmten Partie der Seitenstränge, welche sich zu einer einschichtigen Blase umbildet und loslöst. Die Seitenstränge des Stolo aber haben wir vom Mesenchym im Nucleus des Embryo herleiten können, und somit musste auch der Kloakenraum als ein besonderer Abschnitt der Stolohöhle und weiterhin der primären Leibeshöhle angesehen werden. Solange noch nicht die Herkunft der Mesenchymzellen, aus welchen die Seitenstränge sich bilden, im Nucleus des Embryo und dessen Kloakenbildung sichergestellt ist, wird sich auch nicht die Frage mit Sicherheit entscheiden lassen, ob der eben erwähnte Entwicklungsvorgang bei der Knospung nur als ein cenogenetischer des embryonalen anzusehen sei, oder ob er nicht vielleicht eine ganz selbständige phylogenetische Entstehung genommen habe.

Der Kloakalblase fehlt nach ihrer Abschnürung von den Seitensträngen jede Verbindung mit der primären Leibeshöhle, sowohl wenn diese noch ein einfaches Blastocoel darstellt, als auch später, wenn sie sich zu den pseudocoelen Bluträumen verengt hat. Dieselben durchziehen den Körper in mannigfachster Weise, da und dort grössere Sinus bildend und das Kiemenband durchsetzend.

Die Perikardialhöhle hat in ihrer Entstehung mit der Kloakalblase viel Aehnlichkeit. Sie ist wie diese ein frühzeitig besonders umgrenzter Abschnitt der primären Leibeshöhle, in welchem keine isolirten Zellen zu finden sind, weil sich alles Zellmaterial zu

einem einschichtigen Epithelschlauch angeordnet hat. Die eine Wand desselben wird zur Herzwandung, die andere zum Perikardium. Wenn dann neuerdings ein Abschnitt der Leibeshöhle zur Herzhöhle abgesondert wird, gerathen die Mesenchymzellen, die jetzt schon reichlicher sich gebildet haben, in dieselbe hinein. Wenn die Herzhöhle sich bis auf die beiden Ostien, durch welche das Blut ein- und ausströmt, abzuschnüren beginnt, ist die primäre Leibeshöhle des Stolothieres aus einem Blastocoel bereits zu einem Pseudocoel geworden.

Tabelle über die Entstehung der Organe der Kettensalpen aus den Gebilden des Stolo und den Keimblättern des Embryo.

<table>
<tr><th>Keimblätter des Embryo.</th><th colspan="2">Gebilde des Stolo prolifer.</th><th>Organe der Kettensalpe.</th></tr>
<tr><td>Ektoblast.</td><td colspan="2">Ektodermales Zellrohr.</td><td>Hautepithel.
Aeusserer Cellulosemantel.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Mesenchym des Nucleus. (Vielleicht theilweise aus dem embryonalen Mesoblast hervorgegangen.)</td><td rowspan="2">Die beiden paarigen Seitenstränge.</td><td>Seitenstrang, welcher der nämlichen Seite des Stolo angehört, an welcher später das betreffende Kettenindividuum liegt.</td><td>Innerer Cellulosemantel.
Bindegewebszellen.
Muskelbänder.
Muskelfaserzellen.
Blutzellen.
Dorsale Wand des Kiemenbandes.
Wand der Kloake.</td></tr>
<tr><td>Hämaler Theil des entgegengesetzten Stranges.</td><td>Perikardium.
Herz.
Eläoblast (Stoloblast).</td></tr>
<tr><td colspan="2">Eierstockstrang.</td><td>Hoden.
Samenleiter.
Follikel.
Ei.
Eileiter.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Nervenrohr.</td><td>Ganglion.
Sinnesorgan.
Flimmergrube.</td></tr>
<tr><td>Entoblast.</td><td colspan="2">Entodermrohr.</td><td>Wandung der Athemhöhle.
Ventrale Wand des Kiemenbandes.
Verdauungstraktus.
Darmumspinnende Drüse.
Rückenzapfen.</td></tr>
</table>

Tafelerklärung.

Buchstabenbezeichnung.

a Aeussere Schicht des Keimstockes, welche in das ektodermale Hautepithel der Stolothiere übergeht und den äusseren Cellulosemantel derselben bildet.

b Die beiden Seitenstränge im Stolo prolifer, welche von Kowalevsky als Kloakalröhren, von Salensky als Prikardialröhren bezeichnet worden sind und weiterhin Mesoderm und Kloake der Kettenthiere bilden.

c Der Eierstockstrang, aus welchem die Ovarien mit den Eileitern hervorgehen und aus welchem Salensky das gesammte Entoderm der Knospen herleitet.

d Das Entodermrohr des Stolo, das aus dem Entoderm des Embryo stammt, zur Athemhöhle und dem Darmtraktus der Knospenthiere wird, nach Salensky und Todaro aber für den Aufbau der Knospen keine direkte Bedeutung haben und nach Brooks aus dem Perikardium des Embryo entstanden sein soll.

bb Blutbahnen im Stolo prolifer und in den jungen Knospen mit der primären Leibeshöhle (später mit den Blutsinus) des Embryo kommunizirend.

bf Bauchfurche.

bz Blutzellen.

cs Celluloseschicht, äusserer und innerer Cellulosemantel.

dpl Dach der Placenta des Embryo.

dr Darmumspinnende Drüse.

e Egestionsöffnung.

eb Eläoblast des Embryo und der Knospe (Vogt's Stoloblast).

ec Ektodermales Hautepithel, Matrix des Cellulosemantels.

ed Enddarm.

el Eileiter.

en Entoderm.

es Endostyl.

f Follikel des Eies.

fb Flimmerbogen.
fg Flimmergrube.
fl Fibrillenschicht der Muskelbänder.
g Ganglion.
h Hoden.
hf ektodermale Haftfortsätze.
hm Spermamutterzellen.
hz Herz.
i Ingestionsöffnung.
kb Kiemenband.
kd Kiemendarm oder Athemhöhle.
kl Kloake = Peribranchialraum der Ascidien.
ks Kiemenspalte.
lh Leibeshöhle.
m Magen.
mb Muskelband.
md Mitteldarm.
mf Muskelfasern.
mz Mesenchymzellen.
n Nucleus der Eizelle.
n' Nucleolus.
nr Nervenrohr.
nv Nerv.
o Ei.
oc Auge.
oe Oesophagus.
pk Perikardium.
pl Placenta des Embryo.
pz Pigmentzellen im Auge und Endostyl.
rz Rückenzapfen.
sl Samenleiter.
sp Spermatozoon.
st Stolo prolifer des Embryo.

Sämmtliche Figuren sind, wenn nicht ausdrücklich das Gegentheil angegeben ist, nach Präparaten gezeichnet worden und beziehen sich auf Salpa democratica-mucronata. Alle Angaben über Vergrösserungen sind nach Zeiss'schen Systemen gemacht.

Tafel X.

Fig. 1. Ein junger Embryo aus dem Mutterthiere herauspräparirt und von der linken Seite dargestellt, um die junge Stoloanlage

zu zeigen, die in der Nähe der Medianebene auf der linken Körperseite entsteht und nach links hinwächst. Vergr. 38. (A. Oc. 1.)

Fig. 2. Eine ungefähr gleich alte Stoloanlage nach stärkerer Vergrösserung gezeichnet.

Fig. 3. Ein etwas älterer Stolo, an dessen distalem Ende die Furchung bereits auftritt, durch welche die einzelnen Kettenindividuen angedeutet werden. In den Spalträumen sind die nach entgegengesetzten Richtungen zirkulirenden Blutkörperchen zu erkennen. Vergr. 145. (C. Oc. 2.)

Fig. 4. Linksseitige Ansicht des Hintertheiles eines ganz ausgebildeten Embryo mit säbelförmig gekrümmtem Stolo, der den Nucleus dorsalwärts von links nach rechts hin zu umwachsen beginnt. Am distalen Theile sind bereits ganz junge Knospenthiere zu erkennen. A mit abgeschraubter Frontlinse Oc. 1.

Fig. 5. Hinterer Leibesabschnitt einer alten solitären Form ventral gesehen. Der Stolo prolifer erscheint in einer $1\frac{1}{2}$mal gewundenen Spirale und lässt drei scharf geschiedene Abschnitte erkennen, von denen die beiden vorderen etwas mehr als eine halbe Windung ausmachen, der hintere, der sich aus 61 Individuen zusammensetzt, beinahe eine ganze Umdrehung repräsentirt und ventral unter dem proximalen Theile des Stolo hinwächst. Die äussersten Individuen liegen dicht an der Oberfläche des Mantels; derselbe wies bereits die Oeffnung auf, durch welche möglicherweise schon ein Theil der Kette abgestossen worden ist. *A* mit abgeschraubter Frontlinse Oc. 1. Die Zeichnung ist ein wenig verkleinert worden.

Fig. 6. Ein junges Individuum aus einem Stolo, der etwas weiter entwickelt war als der in Fig. 4 dargestellte. Nach dem lebenden Objekte gezeichnet. Vergr. 230. (D. Oc. 2).

Fig. 7. Ein Individuum aus einem etwas älteren Stolo. Nach dem lebenden Thiere gezeichnet. Vergr. 175. (D. Oc. 1).

Fig. 8. Kettenform aus dem distalen Abschnitte eines ganz alten Stolo prolifer; ungefähr von der gleichen Ausbildung der in Fig. 5 gezeichneten Kettenthiere. Varietät, die sich durch eine schlankere Form auszeichnet. Vergr. 145. (C. Oc. 2).

Fig. 9. Hinterer Abschnitt eines gleichalten Thieres. Bildung des Hodens. Vergr. 230. (D. Oc. 2).

Fig. 10. Nucleus eines Thieres aus einer eben abgestossenen Kette. Bildung der Hodenschläuche. Vergr. 70. (B. Oc. 1).

Fig. 11. Ein junges, freischwimmendes Kettenthier von rechts gesehen. A mit abgeschraubter Frontlinse Oc. 1.

Fig. 12. Ein gleich altes Individuum ventral gesehen. Der Nucleus und Endostyl sind im lebenden Thiere bereits blau gefärbt; die Flimmerung ist am Mageneingange sehr stark ausgebildet. Nach dem lebenden Objekte gezeichnet. Dieselbe Vergrösserung wie in der vorhergehenden Abbildung.

Tafel XI.

Die Figuren 1—6 und 12—15 bedeuten Entwicklungsstadien des Ganglions und der Flimmergrube des Embryo von Salpa democratica; alle andern stellen Theile der Kettenform dar. Die Figuren 1—5 sind nach dem lebenden Objekte gezeichnet worden.

Fig. 1. Die Region der Flimmergrube und des Ganglions eines jungen Embryo. Ein vorgeschritteneres Stadium der Theilung der ursprünglich einfachen Blase. Das Thier ist von der linken Seite aus betrachtet. Vergr. 175 (D. Oc. 1) und nachher beträchtlich verkleinert.

Fig. 2. Ein jüngeres Stadium. Beginn der Theilung der Blase. Gleiche Orientirung und Vergrösserung wie in der vorhergehenden Figur.

Fig. 3. Ein weiter entwickeltes Stadium; die Flimmergrube steht nicht mehr mit der zentralen Höhlung des Ganglions in Verbindung. Von rechts gesehen bei derselben Vergrösserung wie die vorhergehenden Figuren.

Fig. 4. Abschnürung der Flimmergrube, Bildung des Rückenzapfens und Auftreten des Pigmentes im dorsalen Theil des Ganglions. Von rechts gesehen. Vergr. 145. (C. Oc. 2).

Fig. 5. Ein älteres Stadium, in welchem die Flimmergrube bereits vollständig abgetrennt ist und mit dem Ganglion gar keine Verbindung mehr besitzt. Von links gesehen. Vergr. 120. (C. Oc. 1).

Fig. 6. Nervensystem und Flimmergrube einer jungen Solitärform vom Rücken aus gesehen. Vergr. 120. (C. Oc. 1).

Fig. 7. Differenzirung in Flimmergrube und Ganglion. Das junge Stolothier von rechts aus gesehen. Nach dem lebenden Objekte gezeichnet. Vergr. 145. (C. Oc. 2).

Fig. 8. Ganglion und Flimmergrube einer jungen Kettenform von der Bauchseite gesehen. Vergr. 230. (D. Oc. 2).

Fig. 9. Ganglion und Sinnesorgan einer alten Kettenform von der rechten Seite aus betrachtet. Vergr. 175. (D. Oc. 1).

Fig. 10. Querschnitt durch das Ganglion und den Sinnesapparat einer eben geborenen Kettensalpe. Vergr. 355. (E. Oc. 2).

Fig. 11. Die Randzellen des Ganglions aus dem nämlichen Schnitt bei stärkerer Vergrösserung gezeichnet. Vergr. 745. (F. Oc. 3).

Fig. 12. Querschnitt durch den vorderen Theil des Nervensinnesapparates eines ausgebildeten Embryo. Nahezu das in Fig. 6 abgebildete Stadium. Vergr. 270. (E. Oc. 1).

Fig. 13. Die Pigmentzellen aus dem vordersten Schnitt durch das Auge. Vergr. 540. (F. Oc. 2).

Fig. 14. Querschnitt aus derselben Serie; aus der hinteren Region stammend, in der die beiden hufeisenförmigen Pigmentäste ineinander übergehen. Vergr. 270. (E. Oc. 1).

Fig. 15. Der Ursprung eines Nervenstranges aus dem Ganglion. Nach einem vorhergehenden Schnitte derselben Serie gezeichnet. Vergr. 540. (F. Oc. 2).

Tafel XII.

Sämmtliche Figuren stellen Schnitte dar und sind, wofern nicht ausdrücklich ein Anderes angegeben, bei 355facher Vergrösserung Zeiss E. Oc. 2 gezeichnet.

Fig. 1. Dorso-ventraler Längsschnitt durch einen jungen Embryo mit erster Anlage des Stolo prolifer. Der Schnitt stammt aus der linken Körperhälfte und liegt der Medianebene nahe. Die Schnittebene schneidet die Medianebene des Körpers unter einem sehr kleinen Winkel und verläuft von vorn nach hinten zu ein wenig von rechts nach links geneigt. Der hinterste Abschnitt ist bei der Präparation (Überführen in Nelkenöl) eingefallen, weil die Eläoblastzellen im Alkohol geschrumpft waren. Vergr. 120. (C. Oc. 1).

Fig. 2. Die Stoloanlage aus einem Schnitte, der etwas weiter links geführt ist. Vergr. 230. (D. Oc. 2).

Fig. 3. Querschnitt durch den Stolo aus derselben Schnittserie (drei Schnitte weiter nach links, gegen das distale Stoloende zu) bei derselben Vergrösserung.

Fig. 4. Ein Schnitt noch weiter nach links hin (7. Schnitt der Serie) bei gleicher Vergrösserung gezeichnet.

Fig. 5. Querschnitt durch das distale Ende desselben Stolo. Vergr. 230.

Fig. 6. Eläoblast und freie Mesodermzellen aus einem lateralen Längsschnitt durch den hinteren Körperabschnitt eines jungen Embryo, der den Stolo zu treiben beginnt.

Fig. 7. Querschnitt durch eine junge Stoloanlage, in welcher das Mesoderm sich noch nicht in die verschiedenen Zellstränge differenzirt hat.

Fig. 8. Ein Schnitt derselben Serie aus der Nähe des distalen Stoloendes.

Fig. 9. Ein folgender Schnitt nach dem distalen Ende des Stolo zu.

Fig. 10. Längsschnitt durch einen jungen Stolo; die beiden Seitenstränge sind getroffen.

Fig. 11. Schnitt derselben Serie aus der Region des Eierstockstranges.

Fig. 12. Querschnitt durch einen jungen Stolo von 0·16 mm. Länge. Der Schnitt stammt aus der Mitte.

Fig. 13. Schnitt aus derselben Serie, durch das distale Ende des Stolo geführt.

Fig. 14. Querschnitt durch die mittlere Region eines ganz jungen Stolo eines Embryo. Vergr. 405. (F. Oc. 1).

Tafel XIII.

Alle Figuren stellen Querschnitte dar und sind bei 355facher Vergrösserung (Zeiss E. Oc. 2), nur die Figuren 1—4 bei 405facher Vergrösserung (Zeiss F. Oc. 1) gezeichnet worden.

Fig. 1—4. Vier Querschnitte aus einem jungen Stolo eines Embryo. Fig. 1 und 2 aus der Nähe der Stolowurzel, Fig. 4 aus dem distalen Ende des Stolo; Fig. 3 aus der mittleren Region.

Fig. 5. Schnitt durch einen weitergebildeten Stolo eines Embryo nahe der Wurzel. Beginn der Theilung des Entodermrohres. Dieser und der folgende Schnitt sind aus in Pikrinsäure erhärtetem Materiale angefertigt worden. Es erscheinen die Kerne als hellere, gekörnte Bläschen, sind aber in der Abbildung der Gleichartigkeit der Ausführung wegen dunkler gehalten worden.

Fig. 6. Schnitt aus der Nähe des distalen Stoloendes. Die Theilung des Entodermrohres ist beinahe vollendet.

Fig. 7 und 8. Zwei Querschnitte aus dem proximalen Ende eines bedeutend weiter entwickelten Stolo, der ungefähr dem in Fig. 4, Taf. X abgebildeten gleicht, an dessen distalem Ende die einzelnen späteren Kettenindividuen zu erkennen sind. Fig. 7 liegt näher der Wurzel zu.

Fig. 9 und 10. Zwei Querschnitte durch den proximalen und mittleren Theil eines Stolo, der in seiner Ausbildung zwischen den beiden in Fig. 3 und 4, Taf. X abgebildeten Stadien ungefähr in der Mitte steht.

Fig. 11 und 12. Zwei Querschnitte durch das Ende des proximalen Abschnittes eines älteren Stolo. Das Nervenrohr zeigt ganglïöse An-

schwellungen; die beiden Hälften des Entodermrohres erscheinen bereits auf dem Querschnitte unsymmetrisch; die beiden Seitenstränge haben sich mächtig ausgebreitet.

Tafel XIV.

Fig. 1. Querschnitt aus der nämlichen Schnittserie, welcher die in Fig. 11 und 12 auf Taf. XIII abgebildeten Stadien entnommen sind. Vergr. 355. (E. Oc. 2).

Fig. 2—4. Drei Querschnitte durch einen nahezu gleich alten Stolo. Die Schnitte entstammen der mittleren Region des Stolo. Verg. 355.

Fig. 5—13. Querschnitte aus dem proximalen Theile eines etwas älteren Stolo als der in Fig. 4 auf Taf. X abgebildete.

Fig. 5. Schnitt aus der Wurzel des Stolo. Vergr. 270. (E. Oc. 1).

Fig. 6—8. Drei aufeinanderfolgende Querschnitte aus der Nähe der Stolowurzel. Abwechselnde Ausbreitung des Entodermrohres und des Mesoderms. Vergr. 270.

Fig. 9. Zwei Querschnitte durch das Nervenrohr des Stolo übereinander gezeichnet, um das Auseinanderweichen der hintereinander gelegenen Partien nach den beiden Individuenreihen am Stolo als Ganglien zu demonstriren. Das linke, in gelbem Ton gehaltene Ganglion entstammt dem vorderen Schnitte und wird zum Ganglion des späteren linken Individuums; das in dunkler Schattirung gezeichnete geht in das an der rechten Seite des Stolo sich entwickelnde Thier über und entstammt einem weiter nach hinten geführten Schnitt. Vergr. 270.

Fig. 10 und 11. Zwei aufeinanderfolgende Querschnitte weiter gegen das distale Ende hin geführt. Vergr. 270.

Fig. 12. Der Eierstockstrang aus einem Querschnitte bei stärkerer Vergrösserung gezeichnet. Verg. 355. (E. Oc. 2).

Fig. 13. Querschnitt durch den Eierstockstrang bei 540facher Vergrösserung. (F. Oc. 2).

Fig. 14. Aus einem Querschnitte durch den Eierstockstrang an der Wurzel eines älteren Stolo als der in Fig. 4, Taf. X abgebildete. Bildung der Eizelle. Vergr. 745. (F. Oc. 3).

Fig. 15. Querschnitt durch den Eierstockstrang aus dem proximalen Abschnitt eines älteren Stolo. In absolutem Alkohol konservirt. Vergr. 745. (F. Oc. 3).

Fig. 16. Längsschnitt durch den in Fig. 4, Taf. X abgebildeten Stolo. Vergr. 355. (E. Oc. 2).

Tafel XV.

Alle Figuren sind bei 355facher Vergrösserung (ZEISS E. Oc. 2) gezeichnet worden.

Fig. 1. Querschnitt durch die Region des Nervenrohres im mittleren Theile eines Stolo, der etwas weiter ausgebildet ist als der in Fig. 4, Taf. X abgebildete, um die Bildung der beiden Ganglienreihen zu zeigen.

Fig. 2. Querschnitt durch die Region des Eierstockstranges eines jungen Stolo.

Fig. 3—10. Querschnitte durch einen Stolo, der etwas weiter ausgebildet ist als der in Fig. 4 auf Taf. X abgebildete. Auseinanderweichen zu den beiden Individuenreihen.

Fig. 3. Querschnitt unfern der Stolowurzel. Die beiden Individuen sind nur neural theilweise geschieden. Das Ektoderm erscheint da mehrschichtig, weil es an der äussersten Grenze der Knospe, somit an der Stelle getroffen ist, wo es in die Querfurche hinabsteigt. Das Nervenrohr ist in die beiden Ganglienreihen zerfallen; in Folge der Schiefstellung der Knospen ist links nur im hämalen Theile das Entodermlumen durchschnitten.

Fig. 4. Ein Schnitt weiter nach hinten zu. Der linke Entodermsack wird weiterhin in das rechte Individuum einbezogen.

Fig. 5 und 6. Zwei Querschnitte noch weiter nach hinten zu geführt. Neural ist die Sonderung der Individuen weiter vorgeschritten. Die Entodermfalten in den beiden Figuren werden zum Entoderm der beiden gegenüberliegenden Individuen.

Fig. 7 bis 10. Querschnitte aus dem distalen Ende. In Fig. 7 erscheint links das äusserste Ende des Vorderleibes einer linken Knospe, die in Fig. 8 und 9 wiederzufinden ist. Das horizontale Verbindungsstück des Entoderms und die neural und ventral davon verlaufenden Blutbahnen gehören noch allen Individuen am Stolo gemeinsam an. In Fig. 10 ist der Uebergang des rechten Entodermsackes in das linke Knospenthier zu sehen. Rechts oben ist das Ende des rechten Thieres getroffen worden.

Fig. 11. Querschnitt durch das proximale Ende eines älteren Stolo, an dessen distalem Ende die einzelnen Individuen bereits beinahe vollständig zur Sonderung gelangt sind.

Fig. 12. Querschnitt durch die hintere Region eines rechtsseitigen Individuums am distalen Ende eines älteren Stolo.

Tafel XVI.

Alle Figuren sind, wofern nicht das Gegentheil angegeben ist, bei 355facher Vergrösserung (Zeiss E. Oc. 2) gezeichnet worden.

Fig. 1—6. Querschnitte durch das distale Ende desselben Stolo, dem Fig. 1 auf Taf. XV entnommen ist. In Fig. 5 und 6 ist das Individuum in einer zu seiner Medianebene nahezu parallelen Richtung, der ganze Stolo also schräg durchschnitten worden.

Fig. 7. Ein Schnitt aus der nämlichen Serie, der Fig. 12 auf Taf. XV entnommen ist.

Fig. 8. Schnitt aus dem distalen Ende desselben Stolo. Vereinigung der beiden Entodermfalten.

Fig. 9 und 10. Zwei dorso-ventrale Längsschnitte durch ein junges linksseitiges Individuum aus dem distalen Ende eines älteren Stolo. Das Stadium ist etwas jünger als das in Fig. 6 auf Taf. X abgebildete.

Fig. 11. Medianschnitt durch ein noch älteres Stolothier bei 175facher Vergrösserung (D. Oc. 1) gezeichnet.

Fig. 12. Aus der nämlichen Schnittserie bei stärkerer Vergrösserung ein Theil der Leibeswandungen. Vergr. 270. (E. Oc. 1).

Fig. 13 und 14. Zwei Längsschnitte durch ein junges Stolothier, das zwischen den in Fig. 9 und 11 abgebildeten Stadien die Mitte hält. Das Stadium ist etwas jünger als das in Fig. 7 auf Taf. X abgebildete. Der Schnitt 14 ist verkehrt gefallen.

Tafel XVII.

Die Vergrösserung, bei welcher die Zeichnungen ausgeführt worden sind, beträgt 355 (Zeiss E. Oc.2). Alle Figuren sind auf Längsschnitten durch Stolonen gewonnen worden und sind sämmtlich in gleicher Weise orientirt, so dass das distale Stoloende nach rechts hin fallen würde, wie es Fig. 1 anzeigt. Es wurde von der hämalen Region des Stolo aus (also in Bezug auf die Kettenindividuen von hinten nach vorn zu) geschnitten. Demnach erscheinen auf den Abbildungen dieser Tafel die linksseitigen Individuen nach oben, die rechtsseitigen nach unten vom Stolo gelagert. Die Orientirung der Querschnitte ist von derjenigen auf der folgenden Tafel verschieden, was namentlich bei der Vergleichung von Fig. 9—11, Taf. XVII und 1—6, Taf. XVIII zu beachten ist.

Fig. 1. Längsschnitt durch das distale Stoloende. Das Stadium stimmt mit einem solchen nahezu überein, dessen Querschnitte in den Figuren 1—6 auf Taf. XVI gezeichnet sind. In *A* ist ein Schnitt

eingezeichnet, der weiter nach hinten zu liegt, in *B* und *C* solche, die dem vorderen Ende der Individuen entstammen, wo das Ganglion auf dem Querschnitte bereits mehrschichtig ist.

Fig. 2—4. Drei aufeinanderfolgende Längsschnitte durch den mittleren Abschnitt eines alten Stolo. Die beigefügten grossen lateinischen Buchstaben bezeichnen die gleichen Individuen. Fig. 2 liegt dem hinteren Leibesende der Kettensalpen am nächsten. In Fig. 4 ist bereits die Kloake getroffen; das Kiemenband ist noch nicht zur Ausbildung gelangt.

Fig. 5. Querschnitt durch den hintersten Körpertheil eines rechtsseitigen Individuums; aus einem Längsschnitte durch einen Stolo.

Fig. 6 und 7. Zwei Querschnitte durch den vordersten Körperabschnitt eines linksseitigen Individuums; Längsschnitten durch einen Stolo entnommen.

Fig. 8. Querschnitt durch den mittleren Körpertheil von zwei linksseitigen Individuen.

Fig. 9. Querschnitt durch die Region der Kloake eines linksseitigen Stoloindividuums. Bildung des Kiemenbandes.

Fig. 10 und 11. Zwei aufeinanderfolgende Schnitte durch die Region der Kloake eines linksseitigen Thieres, um die Bildung des Kiemenbandes zu zeigen.

Fig. 12. Längsschnitt durch das distale Ende eines älteren Stolo, an welchem die einzelnen Individuen zur vollständigen Ausbildung gelangt sind. Der erste Schnitt auf der linken Seite stellt ein jüngeres Stadium der Endostylbildung dar und ist in die Figur eingezeichnet worden statt eines solchen, welcher den andern vollständig gleicht.

Tafel XVIII.

Alle Figuren mit Ausnahme der letzten sind bei 355facher Vergrösserung (E. Oc. 2) gezeichnet worden.

Fig. 1. Querschnitt durch den Nucleus eines jungen Stolothieres, das etwas älter ist als das in Fig. 7 auf Taf. X abgebildete Stadium.

Fig. 2—4. Drei Querschnitte durch den hinteren Leibesabschnitt eines nur wenig älteren Thieres.

Fig. 5. Ein Querschnitt durch ein gleiches Stadium etwas weiter nach vorn geführt.

Fig. 6. Querschnitt durch den hinteren Abschnitt eines jüngeren Thieres.

Fig. 7. Querschnitt durch den vordersten Theil eines Thieres, das etwas jünger ist als das in Fig. 8 auf Taf. X abgebildete Stadium.

Fig. 8. Querschnitt durch die Region der Flimmergrube und des Ganglions. Aus der nämlichen Schnittserie, welcher die Figuren 2—4 entnommen sind.

Fig. 9. Querschnitt durch das Ganglion eines jungen Thieres, das ungefähr dem Stadium 7 auf Tafel X gleicht.

Fig. 10. Querschnitt durch die mittlere Körperregion eines etwas älteren Thieres.

Fig. 11—15. Längsschnitte durch junge Thiere, deren Querschnitt durch den Nucleus in Fig. 1 abgebildet ist.

Fig. 11—12. Zwei dorso-ventrale Längsschnitte.

Fig. 13—15. Drei nahezu lateral geführte Längsschnitte durch das Nachbarindividuum desselben Stolo. Fig. 14 und 15 stellen zwei unmittelbar aufeinanderfolgende Schnitte dar.

Fig. 16 und 17. Zwei Querschnitte durch den vorderen Leibesabschnitt desselben Thieres, dem die Fig. 2—4 und 8 entnommen sind.

Fig. 18. Querschnitt durch den vorderen Körpertheil eines jungen Stolothieres, das dem in Fig. 8 auf Taf. X abgebildeten Stadium gleicht. Vergr. 175. (D. Oc. 1).

Tafel XIX.

Fig. 1. Querschnitt durch den Nucleus eines ganz ausgebildeten Kettenindividuums, bei welchem der Hoden bereits die Reife erlangt hat. Vergr. 70. (B. Oc. 1).

Fig. 2. Die dorsal gelegene Wand des Oesophagus mit einem benachbarten Haufen von Spermamutterzellen aus demselben Schnitte bei stärkerer Vergrösserung gezeichnet. Vergr. 405. (F. Oc. 1).

Fig. 3. Querschnitt durch die Magenwand unmittelbar über der Einmündung der darmumspinnenden Drüse. (Aus einem Schnitte derselben Serie). Vergr. 355. (E. Oc. 2).

Fig. 4. Querschnitt durch den Mitteldarm mit anliegendem Hoden. (Dieselbe Schnittserie). Vergr. 540. (F. Oc. 2).

Fig. 5. Enddarm und ventrale Magenwand aus einem Querschnitte durch den Nucleus eines ausgebildeten Stoloindividuums, das den Endformen des in Fig. 5 auf Taf. X abgebildeten Stolo prolifer gleicht. Vergr. 540. (F. Oc. 2).

Fig. 6. Ein Schnitt aus derselben Serie, der weiter nach vorn zu geführt wurde. Vergr. 355. (E. Oc. 2).

Fig. 7. Enddarm mit darmumspinnender Drüse und Hodenschlauch aus einem Querschnitte durch den Nucleus eines jungen Kettenindividuums, das dem in Fig. 11 auf Taf. X gezeichneten Sta-

dium gleicht. Das Blutkörperchen (*bz*) ist aus einem noch älteren Individuum eingezeichnet worden. Vergr. 540. (F. Oc. 2).

Fig. 8. Spermamutterzellen und junger Hodenschlauch (*D*) aus einem Querschnitte durch dasselbe Thier. Vergr. 745. (F. Oc. 3).

Fig. 9. Bildung der Spermatozoen nach dem lebenden Objekte und nachträglicher Kernfärbung gezeichnet. Vergr. 540. (F. Oc. 2).

Fig. 10. *A* zwei Mesodermzellen eines neugeborenen Kettenthieres zur Bildung von Muskelfasern zusammentretend. *B* und *C* Bindegewebszellen aus dem Nucleus. Vergr. 540. (F. Oc. 2).

Fig. 11. Querschnitte durch Muskelbänder junger Kettenthiere. Vergr. 540. (F. Oc. 2). *A* Querschnitt durch ein jüngeres Stadium. *B* Querschnitt durch ein etwas älteres Thier.

Fig. 12. Längsmuskelfasern der Ingestionsöffnung einer jungen Kettensalpe. Vergr. 540. (F. Oc. 2).

Fig. 13. Querschnitt durch die Anlage des Flimmerbogens eines jungen Stolothieres. Vergr. 355. (E. Oc. 2).

Fig. 14. Querschnitt durch den Flimmerbogen eines jungen Kettenthieres bei gleicher Vergrösserung gezeichnet.

Fig. 15. Querschnitt durch die Flimmergrube eines ganz alten Kettenthieres. Vergr. 270. (E. Oc. 1).

Fig. 16. Aus einem Querschnitte durch den vordersten Theil der Flimmergrube desselben Thieres. Vergr. 355. (E. Oc. 2).

Fig. 17. Querschnitt durch den vorderen, ventralen Theil desselben Stolothieres, dem der in Fig. 9 auf Taf. XVIII abgebildete Schnitt entnommen ist. Vergr. 355. (E. Oc. 2).

Fig. 18. Querschnitt durch die rechte Hälfte eines weiter ausgebildeten Endostyls bei gleicher Vergrösserung gezeichnet.

Fig. 19. Querschnitt durch die vordere ventrale Region eines jungen Stolothieres, dem auch der Schnitt Fig. 7 auf Taf. XVIII entstammt. Dieselbe Vergrösserung.

Fig. 20. Aus einem Querschnitte durch ein älteres Stadium der Endostylbildung. *A* bei 355facher Vergrösserung (E. Oc. 2) gezeichnet. *B* Zellen aus dem Mittelstreifen bei 745facher Vergrösserung (F. Oc. 3).

Fig. 21. Querschnitt durch den Endostyl eines jungen Kettenthieres. Verg. 355. (E. Oc. 2).

Die Wasserbewegung im Holze.

Von

Dr. Max Scheit.

1. Capitel. Kritik der bestehenden Theorien.

Einleitung.

Das Problem der Wasserbewegung im Holze hat von jeher die Pflanzenphysiologen beschäftigt, und noch gegenwärtig nimmt es das Interesse derselben in Anspruch, ist es ja, wie jeder, der sich eingehend mit demselben beschäftigt, zur Genüge erfährt, eines der verwickeltsten der Pflanzenphysiologie, an dessen Lösung die grössten Physiologen unseres Jahrhunderts gearbeitet haben und noch arbeiten.

Seit Bonnet und Duhamel betrachtet man allgemein das Holz als das Organ, in welchem sich das mit Nährsalzen beladene Transpirationswasser der Pflanze bewegt; die von Sachs aufgestellte Ansicht, dass bei den Monocotyledonen das Transpirationswasser sich hauptsächlich in den verholzten Sklerenchym-Scheiden und Bündeln bewege, wird durch anatomische Thatsachen widerlegt, wie Bussow [1]) gezeigt hat und wie auch aus Elfving's Versuchen [2]) hervorgeht.

Auch darüber besteht wohl jetzt kaum noch ein Zweifel, dass es vorwiegend der Splint, und in diesem wiederum besonders die jüngsten Jahresringe sind, innerhalb deren die Bewegung des Transpirationsstromes stattfindet [3]), jedoch in Bezug auf die besondere Bewegungsbahn des letzteren sowie auf die bewegende Kraft ist man bis jetzt noch nicht einig geworden.

---

[1]) „Zur Kentniss des Holzes" etc. Bot. Centralbl. Bd. XIII. No. 1—5.

[2]) Bot. Zeitung 1882. Nr. 42. S. 720.

[3]) Cf. Sachs, Vorl. XIV. S. 269.

Im Gegensatz zu den älteren Forschern haben sich die neueren zwar bemüht, die physikalischen Kenntnisse in engem Verein mit den phytotomischen zum Aufbau einer befriedigenden Theorie zu verwerthen, dass wir jedoch eine solche noch nicht besitzen, ist hauptsächlich wohl dem Umstande zuzuschreiben, dass man die an verletzten Pflanzen und einzelnen Theilen derselben gemachten Beobachtungen ohne die nöthige Vorsicht auf die unverletzte Pflanze übertrug, wie wir später ausführlicher sehen werden, andererseits lässt sich auch nicht leugnen, dass uns im Pflanzenkörper Verhältnisse entgegentreten, für deren Verständniss der Physiologe vergebens Hülfe bei dem mit viel groberem Material arbeitenden Physiker sucht.

Es kann daher nicht Wunder nehmen, wenn die verschiedensten Ansichten über die Wasserbewegung im Holze sich Geltung zu verschaffen suchten, und bekanntlich bestehen erst seit kurzer Zeit noch drei von einander abweichende Theorieen oder besser Hypothesen über die Wasserbewegung im Holze:

Die „Imbibitionstheorie“ nimmt als Weg der Wasserbewegung die verholzte Membran an, die „Gasdrucktheorie“ dagegen lässt innerhalb der Lumina der Holzelemente das Transpirationswasser sich bewegen, und zwar unter Zuhilfenahme von Blasen verdünnter Luft von verschiedener Spannung, die sogen. „Klettertheorie“ endlich legt dem Holz- und Markstrahlparenchym grosse Wichtigkeit bei der Wasserbewegung bei, wie es auch die von dieser Ansicht etwas abweichende Godlewski's thut.

Keine der genannten Theorieen hat sich bis jetzt allgemeine Anerkennung verschaffen können.

Die vorliegende Arbeit wird die Gründe hierfür beibringen, indem sie die Unhaltbarkeit der genannten Theorieen zu erweisen sucht, soweit dies noch nicht von anderen Forschern geschehen ist; ausserdem aber wollen wir uns bemühen, nach Prüfung der Veranlassung und des Inhaltes jener Theorieen unsere eigene Ansicht über die Wasserbewegung im Holze zu entwickeln.

1. Die „Imbibitionstheorie.“

Ueber die „Imbibitionstheorie“ können wir uns kurz fassen, da ja schon vieles gegen sie beigebracht worden, und ihre Unhaltbarkeit wohl hinlänglich erwiesen ist [1]).

---

[1]) Cf. Böhm, „Über d. Urs. d. Wasserbew. Bot. Z. 1881. No. 47

Die Voraussetzung von Luftblasen innerhalb der Wasserleitungselemente, welche der Imbibitionstheorie zu Grunde liegt, erwies sich als eine irrige, wie ich in meiner vorläuf. Mittheilung „Die Wasserbewegung im Holze“ [1]), sowie in meiner Arbeit „Beantwortung der Frage nach dem Luftgehalt des wasserleitenden Holzes“ [2]) gezeigt zu haben glaube, als deren Resultat sich ergab, dass die wasserleitenden Elemente entweder Wasser oder Wasserdampf und nicht Luft führen, und dass die Beobachtung von Luftblasen in den betreffenden Elementen mit bestimmten Umständen zusammenhängt, wie ich sie in den gen. Arbeiten näher erörtert habe. (Cf. auch Kny und Zimmermann [3]).

Godlewski [4]) scheint zwar geneigt zu sein anzunehmen, dass durch die Schliesshäute hindurch Luft mittelst einer äusserst langsamen Diffussion oder Dialyse gehen könne. Das ist wohl nicht gut anzunehmen, wenn man berücksichtigt, dass selbst unter mehrwöchentlicher Einwirkung eines Druckes von mehreren Atmosphären [5]) keine Luft durch die Holzelemente sich pressen lässt. Eine derartige Diffusion würde sogar nachtheilig für die Wasserbewegung werden, indem sich grössere Luftmassen im Innern der Wasserleitungselemente ansammeln könnten. Dasselbe würde der Fall sein, wenn die Luft in die Tracheiden und Gefässe im gelösten Zustande mit Wasser durch die Wurzeln gelangte, wie es Godlewski (l. c.) für höchst wahrscheinlich hält, entsprechend der Beobachtung oder besser der Folgerung Hartig's, dass die Tracheiden des unteren Stammtheiles mehr Luft enthalten als die Tracheiden der Baumkrone.

Was Hartig mit Luftraum bezeichnet, müssen wir nach unseren Beobachtungen für luftleere, wasserdampferfüllte Räume

---

u. 49. Ferner R. Hartig, „Über d. Vertheilung d. org. Substanz, des Wassers etc. Berlin 1882. J. Springer.

[1]) Bot. Z. 1884. No. 12. S. 182.

[2]) D. Zeitschr. Bd. XVIII. N. F. XII.

[3]) Kny und Zimmermann, „Die Bedeutung der Spiralzellen von Nepenthes“, Ber. d. deutschen bot. Ges. Jg. 1885, Bd. III. H. 4. S. 127 stellten fest: „Es kann demnach wohl keinem Zweifel unterliegen, dass die Spiralzellen in den Blättern von Nepenthes, welche durch Verweilen in trockener Zimmerluft ihren flüssigen Inhalt ganz oder zum grösseren Theil verloren haben, ganz oder doch fast ganz mit Wasserdampf erfüllt sind“.

[4]) „Zur Theorie d. Wben. in d. Pfl., Pringsheims Jb. Bd. XV. H. 4.

[5]) Cf. d. Zeitschr. Bd. XVIII. N. F. XI. Sep.-Abdr. S. 3.

erklären, sodass Godlewski's Vermuthung durch Hartig's Beobachtungen keine Bestätigung erfährt. Stickstoff und Kohlensäure namentlich sollen nach Godlewski's Ansicht mit Wasser leicht in die trachealen Elemente gelangen können, dann müssen beide Gase aber im Wasser absorbirt bleiben und sich mit diesem wieder entfernen, um durch Ansammlung keine Störung in der Wasserbewegung zu veranlassen. Einfacher und wahrscheinlicher aber erscheint es uns, dass diese beiden Gase durch die Intercellularen entfernt werden.

Sachs [1]) ging bei seiner Begründung der „Imbibitionstheorie" neben der Annahme von Luftblasen innerhalb der trachealen Elemente auch von der Ansicht aus, dass sich das Transpirationswasser nicht wie in Capillaren im Holze bewegen könne, da ja im Holze der Coniferen geschlossene Räume vorhanden seien. Ausserdem seien die Röhren unten an den Wurzeln und oben an den Blättern geschlossen, und überdies der Querschnitt der Röhren zu gross, um ein Steigen des Wassers auch nur bis auf mehrere Meter hinauf zu erklären. Sachs vergisst hierbei, dass die Holzröhren an beiden Enden nicht völlig geschlossen sind, da sie ja dem Wasser durch Molekularporen hindurch den Eintritt in die Gefässe und Tracheiden gestatten, sodass die Capillarwirkung dieser Röhren nicht nach ihrem Durchmesser, sondern nur mit Rücksicht auf die molekularen Oeffnungen berechnet werden kann; abgeschlossen sind die Wasserleitungselemente nur für Luft, nicht aber für Wasser. In meiner letzten Arbeit „Beitrag zur Widerlegung der Imbibitionstheorie" [2]) habe ich namentlich auf Grund mikroskopischer Beobachtungen nachzuweisen versucht, dass die Holzwandung nicht im Stande ist, Wasser aufzunehmen und weiterzuleiten; als Ergebniss der genannten Abhandlung stellte sich heraus: „Da die „Imbibitionstheorie" weder durch die Beobachtung noch durch das Experiment, noch durch bekannte physikalische Gesetze gestützt werden kann, so hört sie auf, eine Theorie zu sein."

2. Die „Gasdrucktheorie."

Das Verdienst, zuerst das Lumen der Wasserleitungselemente als den Weg des Transpirationsstromes erkannt zu haben, gebührt Böhm, der im Gegensatz zu dem Begründer der „Imbibitions-

---

[1]) l. c.

[2]) Diese Zeitschr. Bd. XIX. N. F. XII. Sep.-Abdr. S. 8.

theorie" die Beobachtung machte, dass auch während der lebhaftesten Transpiration die Hohlräume des saftleitenden Holzes zum grossen Theile mit Saft gefüllt sind. Auch die Kraft, welche das emporgeschaffte Wasser vor dem Rücksinken bewahrt, blieb diesem Forscher nicht verborgen, indem er der Capillarität im Mechanismus der Wasserbewegung mit folgenden Worten die ihr gebührende Stelle anwies: „Die Schwere (Filtrationsdruck) der in den übereinanderliegenden Zellen enthaltenen Flüssigkeitssäule wird theils durch Querwände, insbesondere aber durch Reibungswiderstände vollständig aufgehoben, welche selbst in capillaren, mit alternirenden Wassertropfen und Luftbläschen gefüllten Röhren ausserordentlich gross sind [1]).

Auch R. Hartig lässt die Wasserbewegung im Lumen vor sich gehen und die Wirkung der Schwere durch Capillarwirkung aufgehoben sein: „Die Schliesshaut wird zum Filter, wenn sie expandirt wird, die nicht expandirte Membran leistet einen genügenden Filtrationswiderstand. Dafür spricht die Thatsache des Nichtabfliessens des liquiden Wassers nach unten." „Wenn sich der Druck des Wassers aus einer Tracheide in die nächst tieferliegende Nachbartracheide fortpflanzen würde, so müsste z. B. bei einer 30 m. hohen Fichte die Luft in den Organen am Fusse des Baumes unter dem Drucke einer Wassersäule von 30 m Höhe stehen, d. h. unter 3fachem Atmosphärendruck". „Die Capillarität genügt vollständig, um zu erklären, dass die kleinen Wassersäulen im Innern der Tracheiden getragen werden, ohne dass sich ihr Gewicht summirt, ihre Schwere nach unten hin fortpflanzt" [2]). „Die Substanz der Schliesshäute ist mit Wasser gesättigt und ist für Wasser völlig undurchlässig, sobald der Druck von beiden Seiten gleich gross ist." (l. c. S. 77).

Wenn man bisher dieseAnsicht beider Forscher nicht allgemein anerkannte, so war es wohl deshalb, weil man die Capillarwirkung der Gefässe und Tracheiden nur nach dem Durchmesser derselben beurtheilte, ohne zu berücksichtigen, dass doch die Schliessmembranen mit ihren für den Wasserdurchtritt vorhandenen Molekularporen Capillaren von ausserordentlich grosser Wirkung besitzen, die allen Anforderungen genügen muss, welche man an ein Wasserleitungssystem für die grössten Räume stellt; es ist daher keineswegs für die Theorie von Böhm gleichgültig, wie Godlewski (l. c.) annimmt,

---

[1]) Cf. Godlewski, l. c. S. 576.

[2]) Zur Lehre etc. S. 76.

ob die Gefässe und Tracheiden mit Querwänden gefächert sind oder nicht; auf diese kommt es gerade an, sie gestatten wohl in dem unter Druck emporgeschafften Wasser eine Verschiebung einzelner Wassertheilchen nach oben, verhindern aber durch ihre ungeheure Capillarwirkung beim Aufhören des von unten her wirkenden Druckes das Zurückfallen des einmal gehobenen Wassers. Wenn auch nach Böhm's und Hartig's Schema der Luftblasen wegen in vertikaler Richtung eine Verschiebung der Wassertheilchen unmöglich ist, so könnte doch das Wasser seitlich an ihnen vorbei sich bewegen. So ist auch Elfving [1]), welcher die sogen. „Jaminsche Kette" (eine von Luftblasen unterbrochene Wassersäule) als wasserhaltend beibehält, der Ansicht, dass die Luftblasen nur die Längenbewegung einer Wassersäule als ein Ganzes hindern, während den einzelnen Wassertheilen innerhalb derselben vollständig freies Spiel gelassen sei, indem sie fortgeschafft und durch andere ersetzt werden könnten.

Das Th. Hartig'sche Experiment spricht für die leichte Verschiebbarkeit des capillar festgehaltenen Transpirationswassers, es genügt nur ein geringer Ueberdruck von einer Seite her, wie er beim Aufgeben von Wasser durch Bildung eines convexen Meniscus momentan entsteht, um innerhalb der capillar festgehaltenen Wassersäule eine Bewegung der Wassertheilchen zu veranlassen. R. Hartig stützt die „Gasdrucktheorie" wesentlich auf diesen Versuch, Godlewski (l. c. S. 584) deutet ihn jedoch anders als wir es mit R. Hartig thun, und äussert die Ansicht, dass, wenn letzterer Recht habe, aus einem 1 m langen, wasserreichen Tannenholzstück, wenn man es bis zu einer Höhe von 90 cm. in Wasser tauchte, der auf der unteren Schnittfläche lastende Druck einer Wassersäule von 90 cm einen stürmischen Wasserausfluss aus der oberen Schnittfläche bewirken würde, sodass man also bei Gültigkeit der Hartig'schen Folgerung „ein perpetuum mobile in Form einer ewigen Fontaine" erhielte. Godlewski vergisst bei seinem Vergleich, dass im Hartig'schen Versuch durch einseitigen Druck wohl das Gleichgewicht innerhalb der Holzcapillaren, und zwar nicht des ganzen Wasserfadens, sondern nur der in der Axe der Capillaren liegenden Wassertheilchen gestört wird, während in dem Falle, in welchem man ein Stück Holz oder eine einfache Glasröhre in Wasser stellt, dem auf die untere Querschnittfläche

---

[1]) „Ueber d. Transpirationsstr. in d. Pflanzen". Abdr. aus „Acta Societatis Scientiarum Fennicae". Tom. XIV. Helsingfors 1884.

wirkenden Drucke des Wassers ein entsprechender, im Innern der Röhre von oben nach unten wirkender das Gleichgewicht hält, nach dem Gesetze der communicirenden Röhren; der HARTIG'sche Versuch ist also mit GODLEWSKI's angenommenem Beispiel gar nicht vergleichbar.

Ebenso ist auch der versuchte Nachweis GODLEWSKI's (l. c. S. 576), dass BÖHM's Schema ein perpetuum mobile darstelle, vollständig verfehlt, denn wenn er sagt: „Die Bedingungen der Wasserbewegung werden durch dieses Schema nicht ungünstiger, wenn wir uns anstatt der Zellen W und H ein Wasserreservoir, in welchem das Wasser unter dem atmosphärischen Druck steht, denken", so ist das falsch. Es ist offenbar ein grosser Unterschied, ob man am unteren Ende eines solchen Systems einfach Wasser unter dem Drucke der Atmosphäre, oder unter diesem und osmotischem Druck zugleich wirken lässt. Es ist ferner ein grosser Unterschied, ob man beide Enden der Wasserleitung durch ein einfaches Glasrohr verbindet, oder durch ein Capillarsystem von unberechenbar grosser Wirkung, denn während in ersterer, da sie in ein Vacuum mündet, der Atmosphärendruck nur einer Wassersäule von 10 m Höhe das Gleichgewicht halten kann, so wird in dem Capillarsystem, wie es das BÖHM'sche Schema darstellt, das Wasser vollständig vor dem Rücksinken bewahrt, sodass von einem Abfliessen und Wiederemporsteigen des Wassers keine Rede sein kann, wie es GODLEWSKI dem Schema BÖHM's zuschreibt.

Wir vermögen nicht die Ansicht GODLEWSKI's zu theilen, dass eine Filtration des Wassers nach unten (wie sie im TH. HARTIG'schen Versuch auftritt) etwas ganz anderes sei als eine Wasserbewegung nach oben, der Unterschied beruht nur darin, dass in dem einen Falle der minimale Druck von dem auf der oberen Schnittfläche des Versuchsobjektes sich bildenden convexen Meniscus, bei BÖHM durch Spannungsdifferenz zwischen Aussenluft und Holzluft, bei R. HARTIG durch Spannungsdifferenz der in den übereinanderliegenden Tracheiden befindlichen Blasen verdünnter Luft geliefert wird.

GODLEWSKI befindet sich im Irrthum, wenn er glaubt, dass in dem Versuche Th. HARTIG's das Hervortreten eines Wassertropfens an der unteren Schnittfläche des Versuchsobjektes nach dem Aufsetzen eines Tropfens auf die obere eine Folge der Druckwirkung der ganzen, im Holze enthaltenen Wassersäule sei. In einem 1 m langen Tannenholzstücke würden, so berechnet GOD-

LEWSKI irrthümlicherweise nur aus dem Durchmesser der Tracheiden, die sich bildenden concaven Menisken einer 2 m hohen Wassersäule das Gleichgewicht halten. Durch den aufgesetzten Wassertropfen würden ferner die concaven Menisken aufgehoben, wodurch unter dem weiteren Drucke eines sich bildenden convexen Meniskus die ganze 1 m hohe Wassersäule abfliessen müsse bis zur Erneuerung des concaven Meniskus. Abgesehen davon, dass GODLEWSKI die Capillarwirkung der Molekularporen innerhalb der Schliesshäute unberücksichtigt lässt, so findet in Wirklichkeit nur eine Verschiebung der in der Neutral-Axe der Capillare befindlichen Wassertheilchen statt, innerhalb welcher die Anziehungskraft der Wandung aufgehoben ist.

Der Versuch von TH. HARTIG ist also keineswegs im Stande, die Unzulänglichkeit der Theorieen von BÖHM und R. HARTIG nachzuweisen, wie GODLEWSKI nachzuweisen versucht hat.

Während BÖHM und HARTIG in Bezug auf die Bewegungsbahn und die haltende Kraft in ihren Theorieen das Richtige getroffen haben, sind sie in Hinsicht auf die bewegende Kraft der Wahrheit nur nahe gekommen, und zwar BÖHM am meisten, indem er die aus der Spannungsdifferenz zwischen Aussenluft und Holzluft sich ergebende Druckwirkung als treibende Kraft hinstellt, während R. HARTIG nur die Spannungsdifferenzen übereinanderliegender Blasen verdünnter Luft zu Hilfe nimmt.

Wie wir aber nachgewiesen zu haben glauben, treten innerhalb der Wasserleitungselemente keine Luftblasen, sogar nicht einmal Blasen verdünnter Luft auf. Da nun das Wasserleitungssystem nicht für Luft, wohl aber für Wasser durchdringbar ist, so muss dem äusseren Luftdruck eine bestimmte Rolle bei der Wasserbewegung zukommen. Inwieweit dies der Fall ist, und inwieweit auch der von BÖHM und HARTIG, wenn auch nur in beschränktem Maasse, als wasserbewegend angenommene Wurzeldruck bei der Wasserbewegung bethätigt ist, werden wir später noch sehen.

GODLEWSKI fragt (l. c. S. 630): „Wenn das alles, was HARTIG in seinen Tabellen als Luftraum aufstellt, thatsächlich einen nur Wasserdampf enthaltenden luftleeren Raum darstellt, wie ist dann der Umstand zu erklären, dass die luftleeren Räume in den unteren Baumtheilen grösser als in der Baumkrone sind“? Wie wir noch zeigen werden, ist diese ungleiche Vertheilung des Luftraumes in entsprechenden Jahresringen nur zu der Zeit möglich, zu welcher das Wasser auf dem Wege der Destillation bei vorhandener

Temperaturdifferenz von unten nach oben befördert wird, man müsste denn wasserarmes Kernholz aus dem unteren Baumtheil mit wasserreichem Splintholz des oberen Baumtheiles vergleichen, wollte man die in den HARTIG'schen Tabellen verzeichneten Differenzen im Wassergehalt erhalten.

R. HARTIG [1]) geht bei der Bestimmung des Luftgehaltes des Holzes von der unbegründeten Annahme aus, dass der wasserreichste Zustand des Baumes dem Zustande sich nähere, in welchem die Binnenluft die Dichtigkeit der Atmosphäre zeigt. Was HARTIG als Luftraum bezeichnet, müssen wir nach unseren Untersuchungen über den Luftgehalt der Wasserleitungselemente für wasserdampferfüllten Raum erklären, der sich jedoch geringer berechnet als ihn HARTIG unter Annahme von Imbibitionswasser der Holzmembran angiebt.

Wir vermögen überdies nicht einzusehen, wie eine nach oben hin zunehmende Luftverdünnung zu Stande kommt; von Druckdifferenzen übereinanderliegender Luftblasen kann nach unseren Untersuchungen keine Rede mehr sein, nach Entfernung des Wassers müssen sich die entstehenden luftleeren Räume einfach mit Wasserdampf von gleicher Spannung bei gleicher Temperatur sättigen.

Bevor wir zur Betrachtung der nächsten Theorie übergehen, erübrigt es noch, auf den Nachweis ZIMMERMANN's [2]) hinzuweisen, dass innerhalb einer „Jamin'schen Kette", wie sie nach BÖHM's und HARTIG's Schema in den Wasserleitungselementen zu Stande kommen soll, eine von oben wirkende Saugung höchstens auf eine Strecke von 10 m rückwärts sich erstrecken kann.

3. Die „Klettertheorie".

Unbefriedigt von der „Imbibitionstheorie" sowohl als von der „Gasdrucktheorie", stellte WESTERMAIER [3]), namentlich auf Grund des erwähnten ZIMMERMANN'schen Nachweises, seine „Klettertheorie" auf. Mit Hülfe eines willkürlichen Schemas, welches sich, wie GODLEWSKI [4]) zeigt, auf Coniferenholz gar nicht anwenden lässt, construirt WESTERMAIER den Gang der Wasserbewegung: Sie geht in dem todten trachealen System einerseits, im lebenden paren-

---

[1]) Zur Lehre v. d. Wasserbew. in transpirirenden Pfl. S. 51.

[2]) Berichte d. deutsch. botan. Gesellsch. 1. Jg. H. 8. Berl. 1883.

[3]) „Zur Kenntniss der osmot. Leistungen des lebenden Parenchyms". Ber. d. bot. Ges. 1. Jg. H. 8. Berlin 1883.

[4]) l. c. S. 626.

chymatischen Gewebe andererseits vor sich, indem in ersterem vermöge der Capillarität und unter Zuhilfenahme der „Jamin'schen Kette" das durch osmotische Kraft des Holzparenchym- und Markstrahlgewebes emporgehobene Wasser vor dem Zurücksinken bewahrt wird; durch abwechselnde Saugung und Pressung aus tieferliegenden Theilen der Gefässe in höher gelegene hinein lässt WESTERMAIER die Wasserbewegung vor sich gehen, die trachealen Elemente sind danach nur Wasserreservoire, nicht Leitungsröhren.

GODLEWSKI theilt zwar die Ansicht seines Vorgängers, dass die parenchymatischen Elemente des Holzes als Saugdruckpumpen aufzufassen seien, welche die für das Auftreiben des Wassers nöthigen Kräfte zu liefern haben, dagegen betrachtet er die trachealen Elemente als die Röhren der Wasserleitung, und nicht als ein blosses Wasserreservoir [1]).

In Bezug auf die Widerlegung der WESTERMAIER'schen Theorie theilen wir ganz die von GODLEWSKI ihr gemachten Einwände:

1) Die Theorie passt nicht für die Coniferen.

2) Die übereinanderliegenden Zellen werden durch enge, stark verdickte und nur mit kleinen Tüpfeln versehene Zellwände von einander getrennt.

3) Die osmotische Wasserbewegung ist unter viel günstigeren Bedingungen als im Pflanzenkörper eine recht langsame.

4) Die Saugung in den Gefässen und Tracheiden bleibt unberücksichtigt."

In einer späteren Arbeit [2]) bezeichnet WESTERMAIER selbst seine früher gemachten Angaben über die osmotischen Leistungen parenchymatischer Gewebe als unzuverlässig. Neue Versuche ergaben ihm, dass die unter gegebenen Umständen erreichte Maximalleistung durch Saugung eine geringe sei. Es ist diesen Versuchen der Einwand entgegenzuhalten, dass an der Oberfläche der verwendeten epidermalen Streifen durch Capillarwirkung Wasser emporgeleitet worden, und dann erst nachträglich die Quellung der verwendeten Objekte eingetreten sei. Selbst zugegeben, es wäre die Quellung auf osmotischem Wege vor sich gegangen, so ist doch aus diesen Versuchen mit Pflanzentheilen noch kein Schluss auf die osmotische Leistung der innerhalb des geschlossenen Pflanzen-

---

1) Cf. l. c. S. 624.

2) „Untersuchungen über d. Bedeutung todter Röhren u. lebender Zellen für d. Wasserbew. i. d. Pfl." Sitzungsb. d. kgl. pr. Ak. d. W. z. Berlin. 1884. XLVIII.

körpers befindlichen Gewebe zu machen. Die Behauptung Westermaier's: „Entweder ist das tracheale System sammt dem System lebender Holzzellen an der Emporschaffung des Wassers in die Spitze der höchsten Gewächse unbetheiligt, oder aber beide Systeme dienen vereint dieser Funktion", müssen wir als eine unbegründete zurückweisen, ohne seiner Forderung zu widersprechen, dass auch in Beziehung auf die Wasserbewegung der Nachweis einer vollständigen Harmonie zwischen Bau und Function verlangt werden müsse; eine solche Harmonie besteht auch in Wirklichkeit, wenn auch in anderem Sinne als sie sich Westermaier denkt. Doch hiervon werden wir erst später ausführlicher reden.

Auf die Speculationen, welche Godlewski zur Begründung seiner von der Westermaier'schen etwas abweichenden Theorie macht, lassen wir uns nicht ausführlicher ein, da sie einestheils auf Voraussetzungen beruhen, die wir nicht zu theilen vermögen, anderntheils, wie wir sehen werden, experimentell keine sichere Stütze erhalten. Da sie wie die Klettertheorie die „Jamin'sche Kette" beibehält, sowie sich wesentlich auf Hartig's vermeintlichen Nachweis stützt [1]), dass nach oben hin die Luftverdünnung im Baumstamme abnehme, fällt diese Theorie mit dem von uns gelieferten Nachweis, dass weder eine „Jamin'sche Kette" sich innerhalb der Wasserleitungsorgane bilden kann, noch nach oben hin eine Abnahme der Luftspannung vorhanden ist.

Aber auch wenn eine solche wirklich bestände, so würde die Theorie Godlewski's unhaltbar sein, wie Zimmermann vor kurzem auf exacte Weise an einem einfachen Schema nachgewiesen hat [2]).

Im Folgenden wollen wir nur kurz die Voraussetzungen der genannten Theorie als irrthümliche zurückweisen.

Bei Aufstellung seiner Theorie geht Godlewski mit Hinsicht auf das Gesetz von der Erhaltung der Energie davon aus, dass jede Theorie, welche ausser dem Wurzeldrucke, der Transspirationssaugung und der Capillarität der Holzelemente keine anderen Kräfte für die Erklärung der Wasserbewegung in den Bäumen voraussetzt, verfehlt sein müsse.

---

[1]) L. c. S. 614: „Damit die Saugdruckwirkung der Markstrahlen das Wasser nach oben treiben könnte, muss im Holze ein continuirliches Sinken des Luftdruckes vorausgesetzt werden: wird dieser Luftdruck in dem ganzen Baum ausgeglichen, so muss die Arbeit der Markstrahlen erfolglos bleiben."

[2]) Ber. d. Deutschen Bot. Ges. Jg. 1885, Bd. III. H. 7. S. 290 u. ff.

Demgemäss stellt er (l. c. S. 622) als Grundgedanken seiner Theorie den hin, „dass bei der Wasserbewegung in den Bäumen die durch Athmung der Markstrahlzellen und der Holzparenchymzellen freiwerdenden Kräfte mitwirken“, eine Wirkung, die keineswegs eine nothwendige Folge des Gesetzes der Erhaltung der Energie ist, da doch jene Kräfte auch in Wärme umgesetzt und für den Lebensprozess weitere Verwendung finden können.

Als Gründe für die Aufstellung seiner Theorie führt GODLEWSKI an 1) dass der Wurzeldruck oft negativ sei, 2) die Transpiration höchstens eine Saugung von weniger als 1 Atmosphäre hervorrufen könne, 3) die Capillarität höchstens 2 oder 3 m hoch Wasser heben könne.

Auf 1) ist zu erwidern, dass ein negativer Wurzeldruck für die geschlossene Pflanze bisher noch gar nicht erwiesen worden ist, auf 2) entgegnen wir, dass wegen der Impermeabilität der Holzmembran für Luft die Saugung wohl 1 Atmosphäre betragen kann, in Hinsicht auf 3) erinnern wir daran, dass GODLEWSKI die Capillarwirkung der Wasserleitungselemente irrthümlicher Weise nach ihrem Durchmesser berechnet.

Wir sehen also, dass sämmtliche soeben besprochenen Einwände GODLEWSKI's unberechtigt sind, die er der Gasdrucktheorie macht.

Suchen wir aber jetzt nach weiteren Gründen, die neben den bereits oben angeführten gegen WESTERMAIER's und GODLEWSKI's Theorie zugleich sprechen, dass die parenchymatischen Theile des Stammholzes ebenfalls an der Wasserbewegung betheiligt seien.

Wenn auch den entsprechenden Theilen in der Wurzel vielleicht eine solche Betheiligung zugestanden werden kann, so muss man doch berücksichtigen, dass hier ganz andere Verhältnisse zur Geltung kommen als im Stamm. Denn während die osmotisch thätigen Wurzelelemente mit einer verdünnten, von den Bodentheilchen mit einer bestimmten Kraft festgehaltenen Nährstofflösung in unmittelbarer Berührung stehen, begrenzen sich im Holze die parenchymatischen Elemente gegenseitig, sie alle halten organisirte Säfte fest; während ferner die osmotisch thätigen Wurzelzellen jüngeren Alters sind, sind die parenchymatischen Elemente des Holzes, abgesehen von denen der jüngsten Jahresringe, bedeutend älter, ja bis 100 und mehr Jahre alt, und ihre Membranen nicht mehr der Spannung fähig, zumal ihr protoplasmatischer In-

halt auf Kosten der Stärke zurücktritt, und von ersterem nur noch der Zellkern übrig bleibt [1]).

Aehnlicher Ansicht ist auch Elfving [2]):

„Was das Holzparenchym anbelangt, so scheint es nicht unbetheiligt bei der Wasserleitung zu sein, ob seine Zellen aber dabei activ mitwirken oder nur von dem aufgenommenen Wasser durchtränkt werden, will ich dahingestellt sein lassen. Seine in der Regel geringe Ausbildung, und vor Allem ihr Inhalt weisen darauf hin, dass seine hauptsächliste Function eine andere als die Wasserleitung ist.“

Auch der Umstand, dass zwischen den Markstrahlen feine Intercellularen verlaufen, die mit der Aussenluft in Verbindung stehen [3]), und dass an den Stellen, wo die Wand der Markstrahlzellen an Intercellularen grenzt, die erstere von Tüpfelcanälen durchsetzt wird, welche, wie ja auch Godlewski [4]) in beschränktem Maasse zugesteht, den Gasaustausch zu vermitteln bestimmt sind, spricht gegen eine Betheiligung der parenchymatischen Elemente an der Wasserbewegung; denn würden diese Elemente pressend wirken, so müssten sich ja jene Luftcanäle mit Wasser füllen und aufhören, ihrem Zwecke zu genügen.

Als Beleg für seine Ansicht, dass das Markstrahl- und Holzparenchym an der Wasserbewegung betheiligt sei, führt Godlewski eine Ansicht Hofmeister's an, nach welcher auch ältere Wurzeltheile bei der Wasserbewegung betheiligt sein sollen, eine Ansicht, die durch Versuche von R. Kraus [5]) scheinbar bestätigt wird. Das Austreten von Wassertropfen aus den Querschnitten der zu diesen Versuchen benutzten Wurzelstöcke lässt sich jedoch wahrscheinlich auf dieselben Ursachen zurückführen, wie in den Versuchen Pitra's [6]). Eine Wiederholung der letzteren ergab, dass abgeschnittene, in Wasser gestellte Zweigstücke keineswegs im Stande waren, flüssiges Wasser am oberen Schnitte auszupressen, wie auch Sachs fand; es bestätigte sich aber die Vermuthung, dass die in Pitra's Versuchen erst nach einigen Tagen austretende Wassermenge durch Zersetzungsgase ausgetrieben wird; überdies

---

1) Cf. Schorler, „Untersuchungen in den stärkeführenden Zellen“. Diese Zeitschr. XVI. N. F. IX. Bd. 1883.

2) l. c. S. 722.

3) Cf. Russow, l. c. S. 136.

4) L. c. S. 618.

5) Cf. Godlewski, l. c. S. 595.

6) Pringsheim's Jb. Bd. XI. S. 437.

sprechen die Versuchsresultate des genannten Forschers selbst für diese Ansicht; es traten nämlich in einigen derselben auch Luftblasen aus, die sogar Schaum an der Schnittfläche bildeten; ausserdem trat im Winter nichts aus, eben weil jetzt die Zersetzung ruhte. Bereits BÖHM [1]) bestritt die Stichhaltigkeit der Versuche PITRA's, und PFEFFER [2]) weist darauf hin, dass bei längerer Dauer des Versuches Zersetzungen im Innern der Pflanze eintreten mögen.

Was das Auftreten von Wassertropfen an den Schnittflächen von Wurzeln, sowie an tangentialen Schnittflächen aus jungem Holze anbelangt, wie es KRAUS beobachtete, wenn er die Sprossstücke mit der Längsaxe horizontal in nassen Sand gelegt hatte, so ist dasselbe möglicherweise auf Thaubildung zurückzuführen, ein Umstand, der wohl auch das Auftreten von Wassertropfen an der oberen Schnittfläche junger, abgeschnittener und in nassen Sand gesteckter Halme in den Versuchen von SACHS [3]) bedingt haben mag. Auch ist in den genannten Versuchen an ein Auspressen von Saft durch Zusammenziehung des Rindenparenchyms zu denken.

Aber selbst zugegeben, es seien die Wassertropfen wirklich aus dem Querschnitt des Versuchsobjektes gekommen, so geschah es doch nur an Theilen, die dem Pflanzenverbande entnommen und dadurch, dass sie einseitig mit flüssigem Wasser in Berührung gebracht worden, ähnlichen Verhältnissen unterworfen worden waren, wie sie den wasseraufnehmenden Wurzeltheilen eigenthümlich sind, während doch innerhalb der geschlossenen Pflanze die in jenen Theilen vorhandenen parenchymatischen Elemente nicht mit flüssigem Wasser einseitig in Berührung stehen, sondern allseitig von im gleichen Sinne wirksamen, osmotisch thätigen Elementen umgeben sind, abgesehen von denen, die unmittelbar an die trachealen Elemente grenzen, in welche das Wasser gepresst werden soll.

Einen experimentellen Beweis für GODLEWSKI's Theorie suchte JANSE zu liefern [4]). Er verwendete zunächst eine eingetopfte Fuchsiapflanze zu seinem Versuch, indem er einen der untersten, beblätterten Zweige von ungefähr 8 mm. Dm. über eine

---

[1]) Bot. Zeitung, 1880. S. 34.

[2]) Physiologie, Bd. I. S. 158.

[3]) Vorlesungen, S. 330.

[4]) Eeen experimenteel bewijs avoor de theorie van GODLEWSKI omtrent de beveging van het water in de planten (Vorl. Mitt.). Maandblad voor Naturwetenschappen. 1885, Nr. 1 en 2.

Länge von 15 cm in ein Wasserbad von 70—75 ° C. tauchte und 1 Stunde darin liess, jedoch so, dass die Blätter des Zweiges gegen die warme Luft durch Wasserdampf geschützt waren. Dann wurde die Pflanze an einen gut beleuchteten Ort gestellt. Während die Blätter des Versuchszweiges nach dieser Behandlung abstarben, blieben die übrigen Theile der Pflanze während des ganzen Sommers frisch. Aehnlich verhielt sich ein Zweig von Syringa vulgaris. Aus diesen Versuchen schliesst Janse, dass wenn das Protoplasma des Holzparenchyms getödtet wird, die Wasserbewegung unterbrochen werde, es sei also Godlewski's Ansicht genügend bewiesen.

Wenn wir auch zugeben wollen, dass durch Abtödtung der protoplasmatischen Elemente des Holzes eine Störung in der Wasserbewegung eintritt, so ist damit noch lange nicht bewiesen, dass auch die lebenden protoplasmatischen Elemente des Holzes an der Wasserbewegung betheiligt sind. Die Unterbrechung der Wasserbewegung, wie sie in den angeführten Versuchen durch Welkwerden der Blätter angezeigt wurde, ist höchst wahrscheinlich eine Folge der Verstopfung der Wasserleitungsröhren, welche dadurch hervorgebracht wurde, dass durch die angewandte hohe Temperatur der Inhalt der Parenchymzellen sich ausdehnte und an den Stellen des geringsten Widerstandes, den einseitig verdickten Tüpfeln an der Grenze von verholzten und parenchymatischen Elementen, in die Leitungsröhren gepresst wurde, da nach aussen die Rinde dem Ausdehnungsbestreben entgegenwirkt. Eine mikroskopische Untersuchung der Versuchsobjekte würde also wohl am Platze gewesen sein.

Was das Frischbleiben in Wasser gestellter Sprosse anbelangt, so beruht dasselbe unserer Meinung nach nur auf dem Ersatz des Transpirationswassers durch Wasser, welches der Luftdruck in die durch die Transpiration entleerten Elemente presst.

Würde man die Einwirkung des Luftdruckes auf die in Wasser tauchende Schnittfläche eines transpirirenden Zweiges vollständig aufheben können, so hätte man hierdurch ein Mittel, zu prüfen, ob die osmotische Thätigkeit der nicht zum wasseraufsaugenden Gewebe der Wurzel gehörenden übrigen parenchymatischen Elemente genügt, um den Transpirationsverlust zu decken.

Die folgenden Versuche, in denen allerdings der Einfluss des Luftdruckes mittelst Wasserstrahlluftpumpe nicht vollständig beseitigt werden konnte, scheinen dafür zu sprechen, dass die parenchymatischen Bestandtheile des Stammes bei der Bewegung des

Transpirationswassers unbetheiligt sind, jedenfalls zeigen die Versuche aber, dass beim Frischbleiben in Wasser gestellter Sprosse der Luftdruck eine grosse Rolle spielt. Würde man vollständig die Einwirkung der Aussenluft aufheben können, so würde sich zeigen, dass die Aussenluft die einzige Ursache der Wasseraufnahme ist, „wenn es sich um Stecklinge, beschnittene Wurzeln und dergl. handelt, wenn also der Holzkörper direct mit dem Aussenwasser in Contact tritt und als saugender Körper wirkt", wie HARTIG [1]) sagt.

Die belaubten Versuchszweige wurden luftdicht am unteren Ende in einen mit durchbohrtem Deckel versehenen Glascylinder eingekittet, derart, dass sie mit der Schnittfläche in Wasser tauchten, welches $\frac{3}{4}$ des Gefässes erfüllte, der übrige lufterfüllte Raum communicirte mit dem des Evacuationsschlauches der Wasserstrahlluftpumpe, zur Beschleunigung der Transpiration wurden die Versuchsobjekte im geöffneten Fenster des Laboratoriums dem Einflusse des Sonnenlichtes und des Luftzuges ausgesetzt. Zu gleicher Zeit befanden sich zur Controle daneben frei in Luft liegende Zweige derselben Pflanze, sowie andere wie die Versuchszweige behandelte nur in Wasser stehend dem Luftdruck ausgesetzte.

Impatiens parviflore. Am 30. Juli, $3\frac{1}{2}^h$ p. m. wurden drei beblätterte Sprosse in Luft abgeschnitten und gleich darauf im Laboratorium unter Wasser am unteren Ende ein Stück entfernt.

1. Frei dem Einfluss der Luft ausgesetzt war in $\frac{1}{2}$ St. welk;
2. in Wasser stehen gelassen noch turgescent;
3. mit dem angeschnittenen Ende unter Wasser befindlich und hier der Evacuation ausgesetzt verhielt sich wie 1.

Vitis vinifera zeigte nach $1\frac{1}{2}$ Stunden an 3 beblätterten Reben unter gleichen Verhältnissen dieselbe Erscheinung. Wurde dem äusseren Luftdruck wieder die Einwirkung auf den der Evacuation ausgesetzten Querschnitt gestattet, so wurden die schlaff gewordenen Blätter wieder turgescent.

Bryonia alba ergab kein positives Resultat, da alle 3 Versuchsobjecte zugleich welkten.

Die Populus-Arten verhielten sich ähnlich.

Salix viminalis, 26. Juli 11^h a. m. liess die Blätter des Zweiges, welcher der Evacuation unterworfen wurde, nach längerer Dauer des Versuches welk werden, während der in Wasser stehende Controlzweig frisch blieb.

---

[1]) Die Gasdrucktheorie etc. Berlin. 1883, S. 80.

Bei allen Versuchen, die oft stundenlang dauerten, traten während der Evacuation aus der unter Wasser befindlichen Schnittfläche continuirlich Luftblasen in feinen Strömen aus; die geringe Grösse der Blasen, sowie die Gleichmässigkeit des Austrittes weist darauf hin, dass die Luft aus den Intercellularen austrat.

Wie wir gesehen haben, beruht die Theorie Godlewski's auf falschen Voraussetzungen und wird durch das Experiment keineswegs bestätigt. An und für sich scheint es uns unwahrscheinlich, dass die parenchymatischen Elemente des Holzes das von ihnen aus den Leitungsröhren aufgenommene Wasser wieder in diese abgeben, eine solche Thätigkeit kann nur solchen Zellen oder Zellmassen zukommen, welche einseitig von flüssigem Wasser berührt werden und selbst stark osmotisch thätig sind, wie es bei den wasseraufsaugenden Zellen der Wurzel der Fall ist. Die Beobachtung von Horvath, dass, wenn man eine Wurzel durchschneidet, während in dem dem Stamme aufgesetzten Rohre das Wasser steigt, letzteres sofort fällt, spricht dafür, dass die treibende Kraft für die Wasserbewegung in der Wurzel liegt.

Godlewski selbst verhehlt sich nicht die Schwierigkeiten (l. c. S. 598), welche das Verständniss bietet, auf welche Art und Weise das aus den Gefässen und Tracheiden von den Parenchymzellen durch osmotische Kräfte aufgenommene Wasser aus diesen Zellen wieder in die trachealen Elemente hineingepresst werden kann; er muss zugeben (S. 594), dass, sobald wir uns bei seiner Vorstellungsweise mehr in Einzelheiten hineinzudenken versuchen, wir auf nicht unbedenkliche Schwierigkeiten stossen, die aber unserer Meinung nach nicht denen ähnlich sind, welche uns bei der Erklärung des Wurzeldruckes entgegentreten, eben weil wir hier ganz andere Verhältnisse vor uns haben.

Wie wir später sehen werden, brauchen wir einen im Stamme und den älteren Wurzeltheilen entwickelten Druck gar nicht, da es genügt, wenn am unteren Ende der Wasserleitung ein Druck herrscht, welcher das durch Capillarwirkung vor dem Rücksinken bewahrte Wasser nach oben presst.

---

2. Capitel. Aufstellung einer neuen Theorie der Wasserbewegung im Holze.

Die im vorigen Capitel besprochenen Ansichten über die Wasserbewegung im Holze beschränken sich sämmtlich auf die Bewegung flüssigen Wassers. Zwar trug man der bekannten Thatsache Rechnung, dass flüssiges Wasser nicht immer vollständig die Lumina der Wasserleitungselemente erfüllt — SACHS übertrug die Wasserbewegung auf die Membran, BÖHM und HARTIG nahmen im Lumen die Thätigkeit verdünnter Luft zu Hilfe — ohne jedoch die Möglichkeit einer Wasserbewegung in dampfförmigem Zustande eingehend zu berücksichtigen; dies geschah nur nebenbei und ohne nähere Begründung, so bereits von MALPIGHI. Derselbe dachte sich, dass der Saft in Dunstform, und zwar mit Luft gemischt in den Gefässen aufsteige.

TREVIRANUS [1]) beschränkte die zu grosse Allgemeinheit dieser Annahme, indem er die Ansicht äusserte, dass sich die in den Gefässen befindliche Luft mit Wasser belade, welches da wieder tropfbar würde, wo ein Bedarf daran ist, nämlich an den Endungen der Gefässe, eine Vorstellungsart, welche genannter Autor des Nachdenkens und der weiteren Prüfung besonnener Physiologen würdig hält.

SACHS [2]), welcher auf Grund des Umstandes, dass die Hohlräume stark transpirirender Pflanzen leer sind, und der Wurzelstock sogar negativen Druck zeigt, die Annahme zurückweist, dass das Wasser durch den Wurzeldruck in den Stamm bis zu den Blättern hinaufgepresst würde, lässt für das im Sommer bei anhaltend nassem Wetter, sowie für das im Winter in den Hohlräumen auftretende flüssige Wasser die Möglichkeit offen, dass es durch Thaubildung bei schwankender Temperatur geschehe.

Wie nahe diese soeben mitgetheilten Ansichten der unsrigen kommen, wird die folgende Darstellung zeigen, die sich hauptsächlich auf die Beantwortung der beiden Fragen erstrecken wird:

1) wie wird das flüssige Wasser in der Pflanze emporbefördert,

2) auf welche Weise das dampfförmige?

Es ergiebt sich diese Fragestellung aus dem früher gelieferten Nachweis, dass nur Wasser im flüssigen oder dampfförmigen Zu-

[1]) Phys. Bd. I. S. 124 und 125.

[2]) Lehrb. d. B. 4. Aufl. S. 653, sowie Vorl. XVI. S. 331.

stande, nicht aber Luftblasen verschiedener Spannung die Lumina der Wasserleitungselemente erfüllen können.

1. Die Bewegung des flüssigen Wassers.

Bevor wir an die Erörterung der treibenden Kraft für die Bewegung des flüssigen Wassers gehen, wollen wir zunächst feststellen, zu welcher Zeit flüssiges Wasser die Lumina der Leitungsröhren erfüllt.

Sieht man sich in der Litteratur nach diesbezüglichen Angaben um, so findet man wohl eine Menge, welche den Wassergehalt und seinen Wechsel im Allgemeinen betreffen, wenige aber, die sicher erkennen lassen, wann das flüssige Wasser vollständig seine Behälter erfüllt.

Nach Grew führen die Gefässe nur im Frühjahr rohen Saft, eine Ansicht, die später auch Treviranus [1]) theilte.

Bei der Eiche stellte Duhamel [2]) fest, dass December und Januar die Monate grösster Saftfülle sind.

Aus Th. Hartig's Untersuchungen [3]) an 30 Arten geht hervor, dass im Durchschnitt bei sämmtlichen Holzarten der grösste Feuchtigkeitsgehalt in die Monate Januar und Februar fällt (Dez. nicht beobachtet), das Minimum bei den Nadelhölzern in den April.

Nach Nördlinger [4]) tritt das Maximum des Wassergehaltes im Frühjahr ein, wie Lauprecht [5]) bestätigt.

Russow l. c. giebt an, dass in den Tracheiden des Splintes Wasser immer vorhanden sei.

Nach de Bary [6]) finden sich die Tracheiden nur in den seitlichen Gefässbündelausbreitungen bestimmter Pflanzen ausschliesslich wassererfüllt.

Endlich giebt Volkens [7]) an, dass die Gefässe krautartiger Pflanzen in den frühesten Morgenstunden, so lange die Transpiration fehlt oder nur geringfügig bleibt, nur Wasser in ihrem Innern führen.

---

[1]) Physiologie, l. c.

[2]) Cf. Nördlinger, techn. Eigensch. d. H. S. 57.

[3]) Ibidem. S. 64.

[4]) Forstbot.

[5]) Forst- und Jagdz. 47. Jg. 1871. S. 451.

[6]) Vergleichende Anat. etc. S. 177.

[7]) Diss. Berlin. 1881.

Auf jeden Fall steht fest, dass während der Zeit des Thränens die Wasserleitungsorgane völlig mit flüssigem Wasser erfüllt sind, da sonst diese Erscheinung völlig unerklärbar bliebe, nachdem wir gezeigt, dass keine Luftblasen innerhalb der Leitungsröhren vorkommen, welche durch ihre Ausdehnung etwa das Austreten des Wassers bewirken könnten [1]). Da nun, wie SACHS [2]) angiebt, das Thränen der Wurzelstöcke nur während der eigentlichen Vegetationszeit stattfindet, wenn die Wurzeln bereits angefangen haben, aus dem erwärmten Boden Wasser aufzusaugen, so ist diese Zeit als die Periode zu bezeichnen, in welcher flüssiges Wasser die leitenden Hohlräume des Holzes erfüllt. Es hängt also die Füllung der Wasserleitungselemente innig mit der durch bestimmte Bodentemperatur bedingten Bildung von wasseraufnehmenden Wurzeltheilen zusammen. Solange für diese die äusseren Bedingungen vorhanden sind, wird durch die osmotische Wirksamkeit der Wurzelhaare flüssiges Wasser in die Hohlräume des Holzes gepresst, und es erfolgt bei hinreichend starkem Wurzeldruck bei Verletzung des Holzes Ausfluss von flüssigem Wasser.

Damit stimmt überein, dass an Schlinggewächsen, die der heisse Himmelsstrich in reicher Anzahl der Arten hervorbringt, und welche die Eigenthümlichkeit besitzen, ohne Aufhören zu wachsen, auch in der heissesten Jahreszeit aus Wunden des Stammes, trotzdem er beblättert ist, reichlich Saft ausfliesst, wie TREVIRANUS [3]) bemerkt.

Dieselben Bedingungen, welche eine quantitative Vermehrung des Saftausflusses thränender Pflanzen bewirken, müssen auch die Füllung der wasserleitenden Elemente des Holzes der geschlossenen Pflanze beschleunigen, also vor allen Dingen die Temperatur des Bodens; bei der beblätterten Pflanze kommt natürlich auch die Transpirationsintensität in Betracht, welche unter Umständen es nicht zu einer völligen Füllung der Lumina kommen lässt.

Wir können uns vollständig der Ansicht R. HARTIG's [4]) anschliessen, dass der Vegetationszustand der Wurzeln, die Temperatur und der Wassergehalt des Bodens für die Schnelligkeit der Wasseraufnahme entscheidet.

„Bäume, deren feinste Faserwurzeln sich im ganzen Winter und Frühjahr völlig lebend erhalten (z. B. Birke und Ahorn), er-

---

[1]) Cf. diese Zeitschr. Bd. XVIII, N. F. XI. Sep.-Abdr. S. 14.

[2]) Vorl. XVI.

[3]) Phys. § 184.

[4]) „Die Gasdrucktheorie" etc. Berlin 1883. S. 80 u. f.

reichen schon im ersten Frühjahr bald nach Eintritt wärmerer Witterung ihr Maximum an Wassergehalt." „Die Fichte und Kiefer jedoch, deren feinste Wurzeln entweder grösstentheils im Winter absterben, oder doch von einer todten Zellschicht bis zur Spitze bekleidet sind, die oft erst im Mai neue Saftwürzelchen entwickeln, zeigen z. B. noch im Mai ein Minimum an Wassergehalt, dagegen ihr Maximum im Juli zur Zeit der höchsten Transpirationsgeschwindigkeit, weil dann die Wurzelthätigkeit die lebhafteste ist". (l. c.).

Wenn wir auch nicht im Stande waren, im Vorhergehenden eine fest bestimmte Zeit für die vollständige Wasseranfüllung der Röhren anzugeben, so geht doch aus Hartig's Untersuchungen hervor, dass sie innig mit der Wurzelthätigkeit zusammenhängt, und es liegt daher nahe, als die Kraft, welche das flüssige Wasser im Holze aufwärts befördert, den Wurzeldruck anzunehmen.

Allgemein wird wohl jetzt angenommen, dass es der Wurzeldruck ist, welcher das Thränen aus Wurzelstöcken und beschnittenen Stengeltheilen hervorruft. Da der Wurzeldruck nun von der allergrössten Bedeutung für die Bewegung des flüssigen Wassers ist, so müssen wir ihm eine nähere Betrachtung zu Theil werden lassen.

Bis jetzt steht fest, dass er nur zu der Zeit stattfinden kann, zu welcher noch Wurzelhaare oder neue, peridermfreie Wurzeltheile gebildet werden.

Auf die Ursachen, welche die Schwankungen in der Stärke des durch Manometer gemessenen Wurzeldruckes bedingen, können wir uns hier nicht weiter einlassen, wahrscheinlich ist es uns, dass sie ihren Grund in den Schwankungen der Wachsthumsintensität der wasseraufnehmenden Wurzeltheile haben. Hartig hat jedenfalls das Richtige getroffen, wenn er (l. c.) sagt, dass die Wasseraufnahme als eine Funktion der lebenden Wurzelzellen betrachtet werden muss, die abhängig ist von Temperatur u. s. w.; darin stimmen wir aber dem genannten Forscher nicht bei, dass die Ursache der Wasserbewegung scharf zu sondern sei von der Ursache der Wasseraufnahme, und dass erstere als Folge verschiedener Lufttensionen in der Binnenluft des Baumes sei.

Wir müssen entschieden der Ursache der Wasseraufnahme die Hauptrolle auch bei der Bewegung des flüssigen Wassers zuertheilen, ausserdem wirken nach unserem Ermessen Transpiration und äusserer Luftdruck bei der Wasserbewegung mit.

Soll der Wurzeldruck für flüssiges Wasser die treibende Kraft sein, dann muss er auch allgemein im Pflanzenreiche verbreitet sein.

Th. Hartig [1]) sagt, dass die Zahl derjenigen Holzarten, die im Frühjahr bluten, eine sehr beschränkte sei; bei Kiefer, Fichte, Eiche, Esche, Linde, Rosskastanie hat er nicht einmal ein auffallendes Nasswerden der Hiebfläche an Stöcken und Asthieben auffinden können, wie dies bei Pirus, Prunus, Robinia, Alnus, Castanea, Salix, Populus, Abies und Larix nicht selten zu sehen sei. Tropfenförmigen Erguss von Holzsaft aus Wundflächen hat Hartig bis dahin nur beobachtet an Fagus, Carpinus, Betula, Juglans, Acer, Cornus und Vitis.

Nördlinger [2]) führt als auffallend an, dass nur eine kleine Anzahl Laubholzarten bluten, und nicht gerade solche, welche durch grösseren Saftgehalt sich auszeichnen. „Anscheinend fehlt sogar der sichtbare Wurzeldruck gerade den grössten und saftreichsten Holzarten, den Nadelhölzern, welche wie die Wellingtonia mit ihrer 100 m Höhe des Wurzeldruckes sehr bedürftig erscheinen".

Hofmeister [3]) war es, welcher zuerst darauf hinwies, dass das kräftige Emportreiben des Saftes durch die Wurzel ebensowenig auf die geringe Zahl Holzpflanzen beschräukt sei, von denen bis dahin das Bluten bekannt war, als auf einige Wochen des Frühlings; dass es vielmehr eine ganz allgemeine und dauernde Erscheinung sei, die manchen krautartigen Pflanzen in weit höherem Grade zukomme als vielen Holzpflanzen.

C. Kraus [4]) spricht sich ebenfalls für die allgemeine Verbreitung des Wurzeldruckes aus: „Da es gelang, Blutung des Wurzelsystems bei allen untersuchten Arten, holzigen wie krautartigen, ausnahmslos aufzufinden, so lässt sich aussprechen, dass bei allen Gewächsen, entsprechenden Wasservorrath vorausgesetzt, das von aussen aufgenommene Wasser im Holzkörper eine Strecke weit unter Druck aufwärts geschafft wird".

Durch die angeführten Versuche schien mir jedoch keineswegs die allgemeine Verbreitung des Wurzeldruckes bewiesen, da ja

---

[1]) Bot. Zeit. 1858. S. 334.

[2]) Forstbot. S. 78.

[3]) Flora 1858. N. 1.

[4]) „Ueber Verbreitung und Nachweis des Blutungsdruckes d. Wurzeln".

eine ganze Anzahl Holzgewächse aus Wurzelstumpfen kein Wasser austreten lassen, so bekanntlich die Coniferen, niemals Aesculus hippocastanum, ausserdem andere Gewächse nicht zu allen Zeiten.

Nach Horrath's [1]) Beobachtungen sogen die folgenden Pflanzen sogar Wasser an der Schnittfläche ein, zur Zeit der Entwicklung ihrer Knospen, als die Weinrebe im vollen Thränen begriffen war: Taxus baccata, Aesculus hippocastanum, Syringa vulgaris, Glycine, Hibiscus syriacus, Aristolochia sipho, Ampelopsis quinquefolia, Gymnocladus canadensis, Sambucus nigra, Clematis vitalba, Arundo donax, Canna, Thuja, Humulus Lupulus, Menispermum, Ficus carica, Hedera helix, Mahonia.

Lässt sich in den genannten Fällen auch nicht direkt der Wurzeldruck nachweisen, so ist damit noch nicht festgestellt, ob in der geschlossenen Pflanze der Wurzeldruck fehlt, vielmehr ist in diesen Fällen anzunehmen, dass der Wurzeldruck geringer als 1 Atm.-Dr. war, welcher wohl in den geschlossenen, für Luft impermeablen Wasserleitungselementen zur Geltung kommen konnte, nicht aber an der durchschnittenen Pflanze, deren geöffnete Elemente dem äusseren Atmosphärendruck ausgesetzt sind, welcher die vorher nach dem Lumen des Gefässes gewölbten Schliessmembranen zurückdrängt in eine für Wasserfiltration weniger geeignete Stellung.

Die Erscheinung, dass die Saugung des abgeschnittenen Gipfels einer Pflanze immer viel beträchtlicher ist als der Ausfluss aus ihrem Wurzelstock [2]), beweist keineswegs, dass der Wurzeldruck ungenügend für die Deckung des Transpirationsverlustes ist; sie zwingt uns jedoch, nach Widerlegung der „Imbibitionstheorie“ anzunehmen, dass innerhalb der geschlossenen Pflanze ein höherer Wurzeldruck herrscht als er an Wurzelstöcken bemerkbar ist, der auch noch dann vorhanden sein kann, wenn das Hg-Manometer einen Druck von 0 aufweist.

Diese aus der Impermeabilität der verholzten Membran für Luft sich ergebende Folgerung wird durch Versuche bestätigt, die in der Weise angestellt wurden, dass der auf den Stammquerschnitt eines Wurzelstockes wirkende Druck der äusseren Atmosphäre durch die continuirlich wirkende Wasserstrahlluftpumpe entfernt wurde. Eine gewöhnliche, durch Handbetrieb in Gang gesetzte Luftpumpe

---

[1]) l. c.

[2]) Sachs, Lehrb. d. B. 4. A. p. 661, sowie Hofmeister, Flora 1862. p. 107.

ist zu derartigen Versuchen unbrauchbar, da die Evacuation in kürzester Zeit durch die aus den durch die Lenticellen mit der Aussenluft in Verbindung stehenden [1]) Intercellularen des Holzes andauernd und reichlich ausströmende Luft ausgeglichen wird, während man durch die Wasserstrahlluftpumpe im Stande ist, Stunden lang gleichmässig eine fast vollständige Evacuation auf das Object einwirken zu lassen. Sämmtliche Versuche wurden bei feuchtem Boden angestellt, mit Topfpflanzen sogar bei völlig durchnässtem, und einer Bodentemperatur, welche zwischen 19 und 20° C. schwankte. Der Evacuationsschlauch umfasste ein Glasrohr, welches so mit dem zu evacuirenden Stumpfe verbunden wurde, dass die Schnittfläche sichtbar blieb. Damit das über das Stumpfende gestülpte Glasrohr luftdicht mit diesem verbunden würde, wurde über das Ende noch ein Stück Gummischlauch gezogen und dieser durch Umschnürung mit gedehntem Gummistreifen dem Stumpfe angedrückt. Es erwies sich Gummistreifen als das bequemste und am besten wirkende Verschlussmittel.

Bei den jetzt mitzutheilenden Versuchen kam es weniger darauf an, die Grösse des Wurzeldruckes zu bestimmen, als nachzuweisen, dass unter annähernder Herstellung der Verhältnisse, wie sie bei geschlossener Pflanze bestehen, auch bei solchen Pflanzen durch den Wurzeldruck Wasser ausgepresst wird, die aus Wurzelstöcken für gewöhnlich kein Wasser ausfliessen lassen.

Aesculus hippocastanum. Am 10/VI wurde eine dreijährige Topfpflanze bis auf einen 8 cm langen Stumpf abgeschnitten, und der Boden durch warmes Wasser auf 30° C. erwärmt. Auf die Schnittfläche aufgesetztes Wasser wurde unter diesen Verhältnissen eingesogen, während mit der gewöhnlichen Luftpumpe verbunden einige Züge genügten, um Wasser mit Luftblasen gemengt austreten zu lassen.

Bei Aufhebung der Evacuation trat das ausgetretene Wasser wieder in das Holz zurück. Einen Tag später trat auch nach Entfernung der jüngsten Jahresringe bei 15° C. Bodentemperatur nach dem ersten Kolbenzug Wasser mit Luftblasen aus dem Holze aus.

2. Es wurde am 24/VI der 18 cm lange Stumpf eines unter Wasser durchschnittenen 3-jährigen Bäumchens, welches noch 3 Zweige mit zusammen 12 grossen Blättern trug, mit der Wasserstrahlluftpumpe in Verbindung gesetzt. Bei 20° Evacuation blieb

---

[1]) Cf. H. Klebahn, Ber. d. D. B. Ges. Jg. 1883, Bd. I. H. 3.

die Schnittfläche noch trocken, erst nach Entfernung der Blätter und Verkittung der Schnittflächen derselben trat Wasser aus.

3. Ein Topfbäumchen wurde am 30/VI unter Wasser durchschnitten und verblieb 2 Stunden darunter. Wie im vorigen Falle trat auch in diesem keine Luft aus der Schnittfläche. Einige Züge der gewöhnlichen Luftpumpe genügten, um Wasser aus dem Holze und Luft aus den Mark- und Holzintercellularen austreten zu lassen; nach dem Aufhören der Evacuation erfolgte Rücktritt des Wassers in das Holz. 5 Tage später trat bei Evacuation alsbald Wasser aus dem vertrockneten Schnitte, ferner am Rande des Markes continuirliche Luftblasenströme, langsam einzelne Luftbläschen aus dem Holze. Dasselbe geschah auch noch 2 Tage später, nach Rückgang der Evacuation trat jedoch das Wasser nicht in das Holz zurück. Bei möglichst weitgehender Evacuation trat pro $\frac{1}{2}$ St. 1 Cctm. Wasser aus.

4. Ein unter Wasser durchschnittenes Bäumchen liess auch nach Erwärmung des Bodens durch warmes Wasser bei gewöhnlichem Luftdruck kein Wasser aus dem Stumpf treten, dieser sog sogar solches ein.

In den ersten 3 Fällen ist es wahrscheinlich, dass der Wasseraustritt zum Theil durch die sich bei der Evacuation ausdehnende Luft bewirkt wurde, welche im absorbirten Zustande mit dem durch die Schnitfläche von aussen aufgenommenen Wasser in die Gefässe gedrungen war.

Im nächsten Versuche wurde deshalb dieser Faktor berücksichtigt.

Syringa vulgaris, welche unter gewöhnlichen Verhältnissen auch im Frühjahre nicht thränt[1]), wurde im Freien auf folgende Weise behandelt: 3/VII, 6^{h}pm. wurde an einem Busch, nach Entfernung der übrigen Zweige und Verkittung der Schnittflächen, ein Zweigstumpf mit der gewöhnlichen Luftpumpe in Verbindung gebracht. Nach einigen Kolbenzügen trat Wasser mit Luft aus.

Am folgenden Vormittag 11 Uhr waren 7 Cctm. Saft ausgeflossen. Aufhebung der Evacuation bewirkte, sofortiges Zurücksinken der Flüssigkeit, welche sich jedoch bei erneuter Evacuation alsbald wieder ansammelte, ohne dass Luft mit austrat.

In 1 St. waren ungefähr 5 Cctm Wasser ausgeflossen. Es zeigte sich, dass der Ausfluss nur bei hoher Evacuation erfolgte.

---

[1]) Cf. Clark in Flora 1875 p. 508 und Horvath l. c. S. 57.

Salix alba. 7/VII 5^h pm. wurde eine Topfpflanze in Luft abgeschnitten; der Stumpf sog Wasser ein. Am andern Morgen 8 Uhr war 1 Ccmt. Wasser ausgetreten, am 10. hatte das Thränen beinahe aufgehört. Bei der nun folgenden Evacuation trat in einigen Minuten 1 Cctm. Wasser aus, und dies geschah bei jeder neuen erhöhten Evacuation während der nächsten 5 Tage. Das ausgetretene Wasser sank nicht zurück bei Aufhebung der Evacuation, es trat aber auch kein neues Quantum aus ohne Evacuation.

Bei Salix caprea zeigte der Stumpf eines grösseren im Freien gewachsenen Busches unter Behandlung mit der gewöhnlichen Luftpumpe keinen Wasseraustritt, die Glasröhrenwandung wies nur einen geringen Wasserbeschlag auf. Auf den Stumpf gesetztes Wasser wurde eingesogen (12/VII).

Acer plantanoides verhielt sich ähnlich (25/VII), ebenso Rhamnus cathartica (21/VII), welcher noch nach 10 Tagen Wasser in den Stumpf einsog.

Hedera Helix, im Topfe gewachsen, eine von den Pflanzen, die nach Horvath (l. c.) nie thränen, liess aus dem Stumpf bei Behandlung mit der Wasserstrahlluftpumpe in 3 Min. 0,63 Cctm. Wasser austreten. Ging die Evacuation auf 40 Ctm. zurück, so hörte der Wasseraustritt auf.

Bei gewöhnlichem Luftdrucke sog die Schnittfläche Wasser ein (24/VII).

Cannabis sativa, mannshohe Freilandpflanze, bis auf 2 cm decapitirt, sog Wasser ein, liess aber bei einigen Kolbenzügen solches austreten; bei Aufhebung der Evacuation sank es jedoch sofort zurück (21|VII).

Abies excelsa. 1) Eine im Freien gewachsene Topfpflanze liess beim Durchschneiden unter Wasser keine Luft austreten, Evacuation mit der Wasserstrahlluftpumpe bewirkte reichlichen Wasserausfluss. Das ausgetretene Wasser sank nicht wieder zurück (7/VII). 2) Eine andere Topfpflanze sog aufgegebenes Wasser am Schnitte ein, liess es aber bei 3 Minuten andauernder Evacuation wieder austreten (24/VII).

Polypodium aureum, Topfpflanze mit zwei Wedeln, liess bei Evacuation mit der Wasserstrahlluftpumpe aus der Schnittfläche des einen Wedelstieles erst Wasser austreten, nachdem auch der andere Wedel entfernt war.

Auch ohne Evacuation erfolgte jetzt Thränen, doch trat dabei erst in 7½ St. ein Wasserquantum aus, das dem bei Evacuation in 10 Minuten ausfliessenden gleich kam.

Die mitgetheilten Versuche werden genügen, zu zeigen, dass der Wurzeldruck allgemein verbreitet ist und auch noch dann vorhanden sein kann, wenn er durch das Manometer nicht mehr angezeigt wird. Beträgt er innerhalb der geschlossenen Pflanze nicht mehr als 1 Atm. Druck, so kann aus dem Wurzelstumpf beim Anschneiden kein Wasser ausfliessen, wohl aber bei Evacuation mit der Wasserstrahlluftpumpe. In den Fällen, welche nach Aufhören der Evacuation Einsaugen der ausgepressten Flüssigkeit aufwiesen, ist anzunehmen, dass nur die jüngsten Jahresringe Wasser austreten liessen, und dass die übrigen wasserleer waren, sodass nach Aufhören der Evacuation das ausgetretene Wasser in sie hineingepresst werden muss; aus ihnen muss auch während der Evacuation die beim Anschneiden in Luft eingetretene Luft durch das sich über der Schnittfläche ansammelnde Wasser entweichen, was nicht geschehen kann, wenn das Versuchsobject unter Wasser durchschnitten wurde. Die hierbei etwa noch austretenden feinen Luftbläschen entströmen dem Intercellularsystem.

Für die allgemeine Verbreitung des Wurzeldruckes spricht auch die nach VOLKENS [1]) allgemein verbreitete Erscheinung der flüssigen Sekretion, welche auftritt, wenn bei vorhandenem, genügend grossen Wurzeldruck die Transpiration aufgehoben oder herabgesetzt ist [2]).

Was nun die Grösse des Wurzeldruckes anbelangt, so überschreitet dieselbe, wenn man die bekannten, durch Manometermessungen erhaltenen Grössen auf die geschlossene Pflanze überträgt, wohl kaum jemals 3 Atm., für gewöhnlich ist sie aber bedeutend geringer.

Ehe wir an die Erörterung der Frage gehen, ob der Wurzeldruck auch genügt, um Wasser über 30 und mehr Meter im Stamme aufwärts zu pressen, wollen wir noch zusehen, inwiefern er zum äusseren Luftdruck in Beziehung steht und zwar an der unverletzten Pflanze, während wir vorher seinen Einfluss als Gegendruck bei thränenden Pflanzen kennen gelernt haben.

Bei der unverletzten Pflanze genügt es, nur den Einfluss des Luftdruckes auf das Wurzelsystem zu beseitigen, um zu sehen,

---

[1]) Diss. Berlin, 1881.

[2]) Cf. SACHS, Vorl. XVI. p. 332.

ob er beim Wurzeldruck eine Rolle spielt; am oberen Ende der Wasserleitung vermag der Luftdruck nicht auf das in den Röhren eingeschlossene Wasser zu wirken, da die Röhren ja, wie wir gesehen, vollständig für Luft abgeschlossen sind. Man kann auch die Versuche in der Weise anstellen, wie es DETMER[1]) gethan hat. Genannter Autor setzte thränende Wurzelstöcke der Evacuation aus und beobachtete bei vermindertem Luftdruck vermehrtes Ausfliessen des Saftes, welches er dem Einfluss der in den Wurzelzellen enthaltenen Luft und Kohlensäure zuschrieb. Insofern DETMER die Einwirkung des Luftdruckes auf die thränende Schnittfläche verminderte, gehören seine Versuche mit den auf den letzten Seiten mitgetheilten in eine Reihe, sie lassen aber nicht erkennen, ob der Luftdruck auf das Wurzelsystem selbst direct einen Einfluss ausübt.

Sicherer erscheint mir zur Entscheidung der in Rede stehenden Frage die folgende Versuchsart, welche sich von der DETMER's darin unterscheidet, dass die Verminderung des Luftdruckes nicht auf das Wurzelsystem und Stammtheile zugleich, sondern auf ersteres allein ihren Einfluss geltend machen konnte, wodurch zugleich einer allzugrossen Störung des Lebensprozesses vorgebeugt werden sollte. Der zu den früheren Evacuationsversuchen benutzte Apparat fand auch für die folgenden Verwendung. Der den Glascylinder verschliessende, von zwei Löchern durchbohrte solide Holzdeckel war halbiert; die Halbirungslinie ging durch das Loch, welches bestimmt war, den Stamm der Versuchspflanze durchzulassen. Zu den Versuchen wurden theils aus Samen mittelst Wasserkultur oder in feuchtem Sägemehl gezogene Keimpflanzen, theils eingetropfte ältere Pflanzen verwendet. Das unverletzte Wurzelsystem wurde im Versuchscylinder von Wasser bedeckt, über welchem sich ein Luftraum befand, der hinreichend gross war, um verhindern zu können, dass die zu Anfang der Evacuation aus der Topferde oder dem die Wurzeln umgebenden Sägemehl, sowie dem Wasser selbst mit Heftigkeit entströmenden Luftblasen nicht bis an das Evacutionsrohr herantreten können, da es sonst leicht geschieht, dass mit emporgerissene Bodentheilchen in die feine Öffnung des Saugrohres im Innern der Wasserstrahlluftpumpe gelangen und dadurch eine sehr unangenehme Störung in dem Gang der Pumpe veranlassen. Die luftdicht durch geeigneten Kitt (2 Thl. gelbes Wachs, 1 Thl. Colophonium) sowohl untereinander

---

[1]) Mitthlg. aus d. bot. Inst. z. Leipzig. Bd. I, S. 453.

als mit dem Cylinder und der Pflanze verbundenen Deckelhälften trennten das im Evacuationsraum befindliche Wurzelsystem von dem dem äusseren Atmosphärendrucke ausgesetzten beblätterten Sprosssystem.

Coleus, 31/VII 1884, Topfpflanze von 10^h a. m.—1^h p. m., einer beinahe vollständigen Evacuation ausgesetzt, blieb turgescent.

1/VIII 9—12^h a. m. bei fortwährendem Sonnenschein ebenso behandelt, liess die Pflanze nur die beiden obersten Blätter etwas welk werden. Ausserhalb des Evacutionsraumes zeigte die durchschnittene Pflanze kein Thränen.

Caladium, Topfpflanze, 1/VIII $12\frac{1}{2}$—$2\frac{1}{2}^h$ p. m. der Evacuation ausgesetzt, blieb turgescent.

Keimlinge von Vicia Faba und Quercus pedunculata lieferten kein bestimmtes Resultat, wahrscheinlich weil die Versuche mit ihnen unter ungünstigen Transpirationsbedingungen und während zu kurzer Zeit angestellt wurden.

Phaseolus multiflorus, Keimpflanze, 27/VII, zeigte in einem Falle nach längerer Evacuation Erschlaffung der Blätter. Der Querschnitt durch den Stengel sog nach dem Versuche Wasser ein. In einem anderen Falle trat keine Erschlaffung der Blätter ein.

Es wird von Interesse sein, diese Versuche zu wiederholen und weiter auszudehnen, vollständig lässt sich freilich der äussere Luftdruck nicht eliminiren. Leider wurde verabsäumt, die Versuche auch mit thränenden Wurzelstöcken anzustellen, in der Weise, dass nicht wie in den früher mitgetheilten Versuchen der Wurzelstumpf an seinem Querschnitt allein mit dem Evacuationsraum in Verbindung gebracht wird, sondern das aufsaugende Wurzelsystem für sich.

Am besten eignen sich jedenfalls zu diesen Versuchen stark thränende Pflanzen, z. B. Vitis, welche man in Töpfen gezogen hat, so dass man sie ohne Verletzung der Wurzeln in den Evacuationsraum bringen kann.

Da Gesagte mag dazu dienen, zu weiteren Untersuchungen über die Beziehung des äusseren Luftdruckes zum Wurzeldrucke anzuregen. Die Untersuchung wird sich zu erstrecken haben auf die Wirkung des verminderten Luftdruckes:

1) auf den Querschnitt des Wurzelstumpfes allein,

2) auf das Wurzelsystem einer decapitirten Pflanze allein,

3) auf das Wurzelsystem einer geschlossenen unverletzten Pflanze allein.

Mit Sicherheit lässt sich bis jetzt nur so viel sagen, dass der äussere Luftdruck bei dem Zustandekommen des Wurzeldruckes insofern eine Rolle spielt, als er den durch osmotische Thätigkeit ausgedehnten Wurzelzellen einen bedeutenden Widerstand entgegensetzt; zugleich aber ist höchst wahrscheinlich, dass der Luftdruck unmittelbar durch die für Wasser durchlässigen Wurzeltheile hindurch Wasser nach den Wasserleitungsröhren presst, sobald diese leer werden.

Eine solche Mitwirkung des Luftdruckes bei der Wasserbewegung nimmt Böhm an, und hält Godlewski [1]) für möglich.

Fr. Elfving [2]) jedoch ist der Ansicht, dass der Luftdruck unter ähnlichen Verhältnissen, wie sie die Pflanze aufweist, bei der Wasserbewegung keine Rolle spiele. Er sagt darüber: „Wenn man an das eine Ende einer nicht zu langen Röhre eine thierische Blase bindet, die Röhre mit Wasser füllt und das andere Ende in Wasser stellt, so wird in Folge der oben an der Membran stattfindenden Verdunstung neues Wasser almählich in die Röhre hinaufsteigen, da nämlich die Luft von aussen her nicht durch die Blase eindringen kann.“

Elfving geht bei dieser Ansicht davon aus, dass oben an der verdunstenden Fläche und unten am Wasserspiegel derselbe Luftdruck herrscht. Wenn nun auch in dem vorgeschlagenen Versuche die Luftdruckdifferenz zwischen oben und unten eine verschwindend kleine ist, so kommt sie doch bei hohen Bäumen in Betracht. Aber auch aus einem anderen Grunde ist die Wirkung des Luftdruckes weder in dem erwähnten Versuche, noch in Bezug auf die Pflanze an beiden Enden der Wasserleitung auf die in dieser eingeschlossene Wassersäule gleich; der Luftdruck vermag von unten her wohl Wasser in die durch Verdunstung entleerte Wasserleitung zu pressen, nicht aber durch die obere Verschlussmembran hindurchzuwirken, da der Widerstand in den Molekularporen derselben grösser als 1 Atmosphärendruck ist; nur auf dem Wege der Verdunstung kann diese Membran Wassertheilchen abgeben, wenn nicht noch ausser dem Luftdruck von unten her Druckkräfte wirken, wie in der Pflanze der Wurzeldruck. Von oben her kann der Luftdruck erst dann auf das in der Röhre befindliche Wasser wirken, wenn dieses über der Verschlussmembran steht.

---

[1]) L. c. S. 79.

[2]) „Ueber den Transpirationsstr. i. d. Pfl.“ Acta Soc. Sc. Fennicae, T. XIV. Helsingfors 1884. Sep.-Abdr. S. 9.

Nach dieser Einschaltung kommen wir wieder auf die Frage zurück, ob ein Wurzeldruck, der, soviel wir bis jetzt wussten, nie 3 Atmosphären übersteigt, genügt, um Wasser bis zu einer Höhe von 100 und mehr Metern emporzutreiben.

Sachs, welcher früher die Tüpfel für durchgängig hielt, betrachtete den Wurzeldruck nicht für ausreichend, um Wasser in den von der Wurzel bis zum Blatte continuirlich verlaufenden Lumen der Gefässe emporzupressen, und suchte sein Heil in einer wunderbaren Eigenschaft der verholzten Membran.

Wie aber verhält es sich jetzt mit der Capillarwirkung im Holze, wo wir wissen, dass die Tracheiden durch Ventile gegen einander abgeschlossen werden können, und wo es feststeht, dass die Mehrzahl der Tracheen in die Kategorie der Tracheiden gehört? [1]). Sind uns damit nicht Verhältnisse gegeben, wie sie Decandolle [2]) aus Versuchen Mongolfier's für die Hebung von Wasser voraussetzt?: „Aus diesen Versuchen nämlich geht hervor, dass man Flüssigkeiten vermittelst einer sehr geringen Kraft zu fast unbegrenzten Höhen erheben kann, sobald der Druck der Wassersäule durch häufige Unterbrechungen oder Klappen beseitigt wird.“

Sehen wir zunächst zu, ob die Tracheiden geeignet sind, Wasser in flüssiger Form in ihrem Lumen mit Hülfe des Wurzeldruckes passiren zu lassen.

Dass die Tracheiden überhaupt Wasserleitungsorgane sind, liegt ausser Zweifel; das Holz der Coniferen besteht ja fast ausschliesslich aus solchen.

In ihrem Bau müssen die Tracheiden so eingerichtet sein, dass das in sie hineinbeförderte Wasser verhindert wird, seinen Druck mit dem in der nächst tiefer liegenden zu vereinen, so dass sich schliesslich eine Wassersäule ergäbe, deren Druck der Wurzeldruck nicht das Gleichgewicht zu halten vermöchte.

Eine derartige Summirung der in den übereinanderstehenden Tracheiden befindlichen Wassersäulchen ist unmöglich, da in der Einrichtung derselben eine Capillarattraktion gegeben ist, welche einen Druck nach unten vollständig aufhebt, was bei der Kürze der Tracheiden ohne weiteres einleuchtet für den Fall, dass die Schliessmembranen sich nicht in Filtrationsstellung befinden, denn wie Th. Hartig [3]) aus der Weite der engräumigen Tüpfelkanäle

[1]) De Bary. Vergl. Anat. § 40.

[2]) Pflanzenphys. Bd. I p. 82. Uebersetzung von Röper.

[3]) Bot. Z. 1863. No. 41.

in den Breitfaserschichten des Tannenholzes (weniger als 0,001 mm) berechnet, ist in diesen Tracheiden eine capillare Steighöhe von 60 m möglich; ein Imprägnirungsversuch mit holzsaurem Eisen ergab diesem Beobachter ein Aufsteigen der Flüssigkeit bis zu 40′, wozu er bemerkt: „Hier war es augenscheinlich keine der lebenden Zelle zustehende Kraft, die das Aufsteigen der Flüssigkeit bewirkte, denn die als Gift auf die Pflanzenzelle wirkende Lösung musste diese augenblicklich tödten. Es liesse sich daraus wohl eine erste, aber keine fortdauernde Aufnahme und Fortleitung erklären, wie sie in der That mehrere Tage stattfand".

Die grössten bis jetzt gemessenen Tracheiden besitzen erst eine Länge von 12 cm, in den späteren Jahresringen haben wir es nur mit Längen von 4 mm zu thun [1]); die Saumtracheiden sind sogar oft nur 0,02 mm lang und besitzen oft Pori von 0,00013 mm Durchmesser (z. B. bei Pinus silvestris), womit eine capillare Steighöhe von mehreren hundert Metern gegeben ist. Doch diese Grössen kommen gar nicht in Betracht, wenn man berücksichtigt, dass die Communication der Tracheiden nur durch Molekularporen hindurch möglich ist, welche wir mit Hofmeister [2]), Nägeli und Schwendener [3]) als ausserordentlich feine Capillaren betrachten. Die wasserhaltende Kraft derselben ist jedenfalls so gross, dass sie im Stande ist, Wassersäulen das Gleichgewicht zu halten von einer Höhe, welche nicht annähernd von der des höchsten Baumes erreicht wird. Man wird einwenden, dass der Wurzeldruck viel zu gering sei, um das mit solcher Kraft festgehaltene Wasser aufwärtszudrängen, denn nach den Untersuchungen von Nägeli und Schwendener, sowie den über die Impermeabilität der feuchten Holzmembran für Luft mitgetheilten Versuchen gehört ein sehr hoher Druck dazu, um das capillar festgehaltene Wasser zu verdrängen. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass in diesen Fällen die drückende Luft weder die Cohäsions- noch die Adhäsions-Kraft innerhalb der Capillare zu überwinden vermochte, während drückendes Wasser die in der Axe der Capillare befindlichen Wassermoleküle zu verschieben vermag, indem an Stelle der verschobenen Wassermoleküle innerhalb der Neutralaxe des capillaren Wasserfadens andere nachgeschobene treten. Folgender Versuch mag das Gesagte verdeut-

---

[1]) De Bary, Anat. p. 172.

[2]) Unters.

[3]) Sitzungsber. d. k. b. Akad. d. W. 1866, I, 4. S. 357.

lichen: Verschliesst man den kurzen Schenkel einer mit Wasser gefüllten U-förmigen Röhre mit einem wassergesättigten, luftfreien Pfropfen aus Coniferenholz, so genügt ein schwaches Blasen am langen Röhrenende, um an der freien Schnittfläche des Pfropfens Wasser austreten zu lassen; lässt man aber zwischen Pfropfen und Wasser eine Luftblase treten, so läst sich auch bei stärkerem Blasen kein Wasser durch den Pfropfen pressen. Was für ein geringer Druck zur Verschiebung der Wassertheilchen nöthig ist, lehrt der von Sachs hierfür angeführte Th. Hartig'sche Versuch: „Schneidet man die Endflächen eines sehr wasserreichen, aber lebensfrischen Tannenstammes im Winter mit dem Messer glatt, und hält man das Holz nun vertical, so erscheinen die obere und untere Querschnittfläche trocken. Setzt man nun auf den oberen Querschnitt mit Hülfe eines Pinsels eine dünne Wasserschicht, so sinkt diese sofort in das Holz ein, und am unteren Querschnitt sieht man eine ebenso grosse Wassermenge ausquellen, zuerst aus dem Frühlingsholz des äussersten, dann des folgenden inneren Ringes u. s. f. Dreht man das Stück rasch um, so wiederholt sich der Vorgang, der deutlich zeigt, dass die kleinsten Druckdifferenzen ausgeglichen werden.“ Der Versuch gelingt nach Sachs auch mit 100 und mehr cm langen Stammstücken der Tanne. Es ist in diesem Versuche nur der Druck des durch das aufgesetzte Wasser an der oberen Querschnittfläche entstehenden convexen Meniscus, welcher die Filtration bewirkt; um wieviel mehr wird dies zu bewirken dem zuweilen 3 Atm. stark werdenden Wurzeldruck gelingen!

Die Schliessmembranen sind es, welche von der allergrössten Bedeutung für die Wasserbewegung sind. Während sie einerseits in Filtrationsstellung eine Verschiebung des in den Molekularporen festgehaltenen Wassers durch unter Druck emporgetriebenes Wasser gestatten, verhindern sie anderntheils das Zurückfallen der einmal gehobenen Flüssigkeit, durch Capillaranziehung in den nur bei Filtrationsstellung der Schliessmembranen durch Molekularporen communicirenden Tracheiden. Der Jamin'sche Apparat, der nach Elfving[1]): „eine Wasser verdunstende Oberfläche darstellt, welche ihren Bedarf aus einem porösen Körper, in welchem zusammenhängende, von Luftblasen getragene Wasserfäden verlaufen, nimmt“, versinnlicht das Gesagte, indem es nach Jamin's Untersuchungen in einem solchen Apparat bei der Hebung

[1]) L. c. S. 20.

des Wassers vorwiegend auf die Beschaffenheit der Oberfläche ankommt; „wenn diese dicht genug ist, um keine Luft eintreten zu lassen, dann können die darunter liegenden Canäle beliebig construirt sein“. Gerade der Umstand, dass das Wasserleitungssystem am oberen Ende für Luft geschlossen ist, gewinnt für den Mechanismus der Wasserbewegung die allergrösste Bedeutung, denn würde die Luft unmittelbar von oben auf das Wasser drücken, so würde, wie TH. HARTIG's Versuch beweist, der geringste Ueberdruck von oben her genügen, um die in der Wasserleitung befindliche Flüssigkeit zum Fallen zu bringen. Da aber auch die Gefässe am Ende geschlossen sind, so würde auch in ihnen das Wasser nicht zurücksinken, selbst wenn sie von der Wurzel bis in die Blätter mit continuirlichem Lumen und vollständig glatten Wänden verliefen. Dass es gerade auf die Beschaffenheit des Endes des Capillarsystems ankommt, um beträchtliche Wassermassen vor dem Zurücksinken zu bewahren, mag folgender Versuch veranschaulichen. Eine mehrere cm im Durchmesser haltende Glasröhre wird an dem nach oben gerichteten Ende mit einem Pfropfen porösen Holzes (Eiche, Buche etc.) von 1 cm Länge verschlossen, und die Berührungsstellen von Holz und Glas werden gut verkittet. Man füllt jetzt die Röhre mit Wasser, verschliesst das untere Ende mit dem Daumen und taucht sie dann in schräger Stellung unter Wasser, indem man vorsichtig den Eintritt von Luft vermeidet. Hebt man nun am oberen verschlossenen Ende die Röhre allmählich in die Höhe, so sinkt die ganze in der Röhre befindliche Wassermasse erst, wenn das Röhrenende sich so hoch über den Niveau des das untere Ende umspülenden Wassers befindet, als die capillare Steighöhe für die grösste im Holzpropf enthaltene Gefässröhre beträgt, wie man leicht durch Messung und Berechnung finden kann. Zugleich mit dem Sinken des Wassers tritt durch den Pfropfen Luft ein [1]).

Als Resultat der vorangegangenen Betrachtungen ergiebt sich, dass, so lange die Gefässe und Tracheiden mit flüssigem Wasser gefüllt sind, Wurzeldruck und Capillarwirkung genügen, um in ersteren Wasser bis in unbegrenzte Höhen zu befördern; der Wurzeldruck ist dabei die treibende Kraft, welche einerseits den Filtrationswiderstand der Schliessmembranen zu überwinden, andererseits die durch Adhäsion und Cohäsion beeinflussten Wassermole-

---

[1]) Cf. auch Fig. 106 in WÜLLNER's Lehrb. d. Exp.-Physik I. Bd. 1874. S. 273.

moleküle zu verschieben und durch andere zu ersetzen hat; die Capillarität ist die haltende Kraft, welche das durch den Wurzeldruck emporgepresste Wasser vor dem Zurücksinken bewahrt; die Transpiration giebt den Anstoss zur Wasserbewegung im Holze, der leiseste Lufthauch, welcher die Blätter bewegt und ihnen Wasser entführt, veranlasst ein sofortiges Nachrücken von Erzatzwasser, vorausgesetzt, dass solches vom Boden her durch die Wurzeln in genügender Menge aufgenommen werden kann.

Bei einer Anzahl Pflanzen endet das Gefässbündel mit einer pinselförmigen Gruppe von Tracheiden unter einem besonderen Epithem [1]) mit besonderen Wasserspalten [2]).

Dieser Sekretionsapparat ist unserer Ansicht nach als eine Einrichtung aufzufassen, welche zur Regelung des Wurzeldruckes dient. Wird dieser zu stark, dann tritt durch das zartwandige Epithem flüssiges Wasser aus, so dass nun der Atmosphärendruck in seiner ganzen Grösse auf die gesammte in der Pflanze bis in die Wurzeln verlaufende Wassersäule wirken kann, und somit der Wurzeldruck um 1 Atmosphärendruck abgeschwächt wird.

Das von Sachs in Vorlesung XVI Fig. 212 gegebene Schema für ein Stück Saugwurzel setzt voraus, dass die äusseren Wände der endosmotischen Einströmung des Wassers zwar günstig sind, dafür aber einen hohen Filtrationswiderstand darbieten, wogegen die an das Gefäss anstossenden Wandstücke in hohem Grade filtrationsfähig sein können, so dass bei Turgescenz der das Gefäss umgebenden Zellen und Geschlossenheit des unteren Gefässendes das Wasser in das Gefäss und in diesem hinaufgepresst werden muss.

Der anatomische Bau der Saugwurzel scheint ganz den angedeuteten Verhältnissen Rechnung zu tragen. Das Wasser wird von den jüngsten Wurzeltheilen aufgenommen, also von einem stark osmotisch thätigen Gewebe, dessen Zellhäute noch sehr dünn und dabei sehr gespannt sind. Dem Ausdehnungsbestreben der turgescirenden Elemente wirkt von aussen her der Druck der Atmosphäre entgegen, seitlich leisten andere turgescirende Zellen, auf der der Wurzelaxe zugekehrten Seite aber die mechanisch geschützten Holzelemente Gegendruck, zum Austrag kann daher der osmotische Druck nur an den dünnsten Membranstellen gelangen, also an den die Wurzelepidermis bedeutend an Feinheit über-

---

1) Cf. De Bary, vergl. Anat. S. 392 u. ff.

2) Volkens, Diss. Berlin 1881.

treffenden unverholzten Schliessmembranen der einseitigen Hoftüpfel. Es würde demnach eine an ein Gefäss stossende Wurzelzelle dem von PFEFFER Bd. II seiner Physiologie p. 168 in Fig. 24 dargestellten Schema entsprechen, und die Annahme PFEFFER's, dass Zellen die Eigenschaft besitzen, Wasser einseitig hervorzupressen, findet ihre Bestätigung.

Der von SACHS in seinen Vorlesungen S. 330 abgebildete Apparat vermag uns vollständig zu veranschaulichen, warum das Wasser in die Gefässe, und, wenn letztere oben geöffnet sind, aus diesen herausgepresst wird. Eine andere Frage ist es, wie es kommt, dass der aus den Gefässen ausfliessende Saft im Vergleich mit dem Zellsafte der Zellen, welche ihn ausscheiden, eine so geringe Concentration besitzt. Das kann nun freilich jener Apparat nicht veranschaulichen, ebensowenig, wie er uns die Entstehung des Wurzeldruckes verdeutlicht; er soll es auch nicht, und ist deshalb nicht ohne Weiteres zur Nachahmung des Wurzeldruckes selbst zu verwerfen, wie es GODLEWSKI (l. c. S. 602) thut.

Dieser nimmt für die Wasseraufnahme und Wiederabgabe periodische Schwankungen der osmotischen Kraft des Zellsaftes an und legt seiner Theorie über den Wurzeldruck neben dieser Hypothese noch eine zweite zu Grunde (S. 622), dass an besonderen Stellen der wirkenden Parenchymzellen der Filtrationswiderstand des Protoplasmas in gewissen Perioden kleiner als an den übrigen Stellen der Zelle sei. Inwieweit die erstere Hypothese berechtigt ist, muss die Zukunft lehren, die zweite scheint uns überflüssig zu sein, da es genügt, die Verschiedenheit des Filtrationswiderstandes in die Membran selbst zu legen. Der Umstand, dass das aus dem Boden in die Wurzelparenchymzellen aufgenommene Wasser aus diesen Zellen nicht wieder nach dem Boden, sondern nach den Gefässen der Wurzeln ausgeschieden wird, findet einfach seine Erklärung durch die Thatsache, dass die Gefässe luftleer werden können, sowie dass die ihnen mit den angrenzenden parenchymatischen Elementen gemeinsamen Schliessmembranen unmessbar fein sind, während die Epidermis der wasseraufnehmenden Wurzeltheile in Vergleich zu ihnen immer eine merklich grössere Stärke besitzt.

Die parenchymatischen Elemente des Holzes stehen zu den Gefässen und Tracheiden nur insofern in Beziehung, als sie zwischen sie eingebettet sind und somit deren Verlauf mitbedingen, so namentlich die Markstrahlen, um im Schutze dieser Elemente der Speicherung der Reservestoffe zu dienen und bei

der Wanderung der letzteren möglichst schnell das zur Verflüssigung nöthige Wasser zu entnehmen, resp. es nach der Absonderung der Reservestoffe wieder abzugeben.

2. Bewegung des dampfförmigen Wassers.

Die Bewegung des flüssigen Wassers im Holze hört auf zu der Zeit, in welcher die Hohlräume des ersteren nur zum Theil mit flüssigem Wasser erfüllt sind. Will man die Gegenwart von Wasserdampf in den trachealen Elementen constatiren, so kann man z. B. die zu untersuchenden Objekte mit einer Doppelscheere unter gefärbten Flüssigkeiten abschneiden, welche die wasserdampferfüllten Räume meist augenblicklich injiciren und auf diese Weise schon bei makroskopischer Untersuchung den gewünschten Aufschluss geben.

Auf diese Weise wurde die Gegenwart von Wasserdampf nachgewiesen von Ende August bis Mitte September 1884 bei Syringa persica, Acer platanoides, Betula alba, Ampelopsis, sowohl zur Mittagszeit als am Morgen, bei Populus tremula und Salix caprea noch Mitte October und zwar Morgens. Dieselben Pflanzen zeigten auch noch am 2. April, 2^h 15^m pm. Wasserdampfgehalt, ebenso Vitis vinifera, also zu einer Zeit, in welcher die Knospen noch geschlossen waren. Ferner wurde zu gleicher Zeit die Gegenwart von Wasserdampf durch die Beobachtung erwiesen, dass unter Wasser abgeschnittene Zweigstücke entweder alsbald oder nach kurzer Zeit untersanken, während in Luft abgeschnittene und in Wasser geworfene schwammen und nur in einigen Fällen erst nach längerer Zeit sanken.

Auf diese Weise untersucht wurde Alnus glutinosa 1/VII, Populus tremula 12/VIII—16/IX 12^hm, Betula alba 12|VIII —17/IX 12^hm, Salix caprea 12/VIII, Tilia parvifolia und Acer platanoides 14/VIII. Sämmtliche Objecte enthielten Wasserdampf, während am 14/VIII nach längerem Regen Vitis vinifera, Pirus communis, Pinus Abies mit flüssigem Wasser erfüllt schienen, da sie auch, trotzdem sie in Luft abgeschnitten wurden, in Wasser geworfen untersanken.

Endlich wurde noch folgende Versuchsart angewendet. Die zu untersuchenden Zweigstücke wurden unter Glycerin abgeschnitten, welches durch Eosin lebhaft roth gefärbt war. Unter demselben Medium wurden tangentiale und radiale Längsschnitte hergestellt und in Glycerin mikroskopisch untersucht. Die Gefässe zeigten sich fast durchgängig injicirt, während die Injektion der

geöffneten Holzfasern noch unter dem Mikroskope vor sich ging. Es liess sich auf diese Weise Wasserdampf nachweisen bei Pinus silvestris 11|VIII—30|VIII, Betula alba 11|VIII—17|IX in den Mittags- und Nachmittags-Stunden, bei Populus tremula 11/VIII—15/VIII, Tilia parvifolia 14|VIII 10^h a-m. Ampelopsis 30|VIII 9^h a.m, Acer platanoides. 30|VIII 11^h a.m.

Dass auch in späteren Monaten noch Wasserdampf in den Hohlräumen des Holzes vorhanden sein kann, geht aus folgenden Beobachtungen hervor.

Nach Nördlinger[1]) sogen Weidenzweigstücke, in Wasser gelegt, davon in 1 St. 10 % ihres Gewichtes auf im Dezember, und nach Angabe desselben Autors ist die grösste Saftarmuth des Holzes zwischen September und Oktober oder November, wo die Blätter bereits abgelebt hätten und nicht mehr stark dünsten könnten.

v. Höhnel[2]) beobachtete, dass noch zu Ende Oktober, trotz des Vergilbtseins der Blätter, an den meisten Versuchszweigen noch ganz erhebliche negative Drucke vorkommen. Derselbe Forscher giebt an, dass auch im Winter geringe negative Drucke durch Wasseraufsaugung nachzuweisen sind.

Wenn Böhm[3]) Anfangs Oktober 1878 Mittags bei wolkenlosem Himmel beobachtete, dass sich durch mässig lange, reich belaubt gewesene Zweigstücke von Acer und Tilia, welche unmittelbar vorher stark transpirirten, mittelst comprimirter Luft reichlich Saft pressen liess, so müssen dabei besondere Verhältnisse geherrscht haben, denn Verfasser dieses constatirte am 8|X. 84. 12^h m. bei durchfeuchtetem Boden und trübem Himmel an den von Böhm untersuchten Pflanzen nur ein kaum bemerkenswerthes Feuchtwerden der Schnittflächen an $\frac{1}{2}$ dm. langen Zweigstücken bei kräftigem Blasen mit den Backen, während doch unter diesen Umständen vollständig mit Wasser gesättigte Stücke deutlich Wasser austreten lassen. Ausserdem zeigte sich, dass die Versuchsobjekte, in Wasser geworfen, schwammen.

Setzen wir in den auf Luftgehalt bezüglichen Angaben Hofmeister's[4]) für Luft Wasserdampf, dann tritt letzterer nicht nur in den Gefässen, sondern auch in den Holzzellen der Rebe, des

---

1) Forstbot. p. 82.
2) Beitr. etc. p. 113.
3) Ueber d. Urs. d. Wbew. etc. Bot. Z. 1881. No. 49 u. 50.
4) Flora 1858 No. 1.

Ahorns, der Birke, der Pappel, vieler Laubhölzer und in den Holzzellen der Nadelbäume auf während des Winters, bei der Rebe noch Mitte März.

Damit in Einklang steht auch Th. Hartig's [1]) Angabe, dass im Spätherbste, kurz vor der Zeit, in welcher die Blätter anfangen sich zu verfärben, bei den weichen Laubhölzern der Wassergehalt mit 0,14—0,18 Gr. pr. Ccm. auf ein Minimum sinkt, ferner, dass bei Hainbuche, Rothbuche, Ahorn, Wallnuss das Einsaugen von Wasser in Bohrlöcher mit derjenigen Zeit zusammenfällt, in welcher die noch unbelaubten Zweigspitzen der Bäume keine Feuchtigkeit verdunsten [2]).

Allgemein lässt sich sagen, dass flüssiges Wasser die Wasserleitungselemente nur dann erfüllen kann, wenn das von den Wurzelelementen aufgenommene Wasserquantum grösser ist als das durch Transpiration abgegebene, wie es zur Zeit der Wurzelthätigkeit des Nachts oder bei feuchter Atmosphäre der Fall ist; wenn aber die eigentliche Vegetationszeit vorüber ist, dann kann flüssiges Wasser nur dann die Wasserleitung erfüllen, wenn die Transpiration bereits früher ihr Ende erreichte als die Wurzelthätigkeit; dauert erstere aber nach dem Aufhören der Wurzelthätigkeit noch fort, dann kann nur Wasserdampf in den Hohlräumen des Holzes enthalten sein, der sich an geeigneten Stellen condensirt, wie es von Ende Sommers bis zu Anfang des Frühjahrs bei den meisten Holzgewächsen der Fall ist. Auch mitten in der Vegetationszeit können sich die Wasserleitungselemente mit Wasserdampf erfüllen, wenn nämlich andauernde Trockenheit des Bodens die Wurzeln verhindert, den Transpirationsverlust zu decken, was um so seltener der Fall sein wird, je tiefwurzelnder die Pflanze ist.

Wir kommen nun zur Bewegung des Wasserdampfes im Holze selbst. Von vornherein muss darauf hingewiesen werden, dass diese Art der Wasserbewegung für die Pflanze nicht in Betracht kommen kann, so lange sie in lebhaftem Wachsthum begriffen ist und rohen Nährmaterials aus dem Boden bedarf. Dieses kann nur in flüssigem Wasser gelöst in die Blätter gelangen. Hat aber die Neubildung von Organen aufgehört, also gegen Ende des Sommers, dann würde es mit Nachtheil für das Leben der Pflanze verknüpft sein, wenn sich nach Verdunstung des Lösungs-

---

[1]) Bot. Z. 1868. No. 2.

[2]) Bot. Z. 1863. S. 280.

wassers die Nährsalze in der Pflanze aufhäuften, nachdem die Blätter die Reservestoffbildung beendet haben, und während deren Wanderung nach den von schützendem Holz und Rinde umgebenen Behältern haben die Blätter nur reines Wasser nöthig, theils zur Verflüssigung der auswandernden Reservestoffe, theils zur Deckung des um diese Zeit in den ausgebildeten Blättern nur geringen Transpirationsverlustes. Flüssiges Wasser, durch Wurzelthätigkeit mit Nährsalzen um diese Zeit in die Blätter geschafft, würde nicht nur überflüssig, sondern sogar schädlich sein, und da die Wurzelthätigkeit zu gleicher Zeit beendet ist, so ist die Bewegung des Wassers in Dampfform jetzt nicht nur die nützlichste, sondern auch die allein mögliche; sie ist jedoch nicht ausgeschlossen für die Zeit der lebhaftesten Wurzelthätigkeit, nämlich in dem Falle, in welchem der Transpirationsverlust grösser ist als die Wasseraufnahme aus dem Boden. Es findet in diesem Falle die Bewegung des Ernährungsstromes während der Nacht statt, wie v. Höhnel [1]) ebenfalls aus seinen Versuchen über den negativen Druck folgert.

Wir sprachen davon, dass nach Beendigung des Wachsthums ein fortgesetztes Emporschaffen von Nährsalzen schädlich für die Pflanze werden könnte, indem die nicht mehr zur Verwendung kommenden Stoffe sich ablagerten und die Leitungsbahnen des Wassers verstopften; auf einer solchen Verstopfung beruht unserer Meinung nach die Ursache der schlechten Leitungsfähigkeit des Kernholzes für Wasser. Es sind an dieser Stelle die von Crüger [2]) beobachteten Salzablagerungen im Holze zu erwähnen, sowie die von Molisch [3]) beobachteten Ablagerungen kohlensauren Kalkes, die dieser Autor ebenfalls als Ursache der schlechten Leitungsfähigkeit betrachtet.

Sehen wir nun zu, wie wir uns die Bewegung des Wassers in Dampfform vorzustellen haben.

Bringt man in ein Reagenzglas etwas Wasser, und verschliesst man es mit aufgeweichter Schweinsblase, die man nach ihrer Befestigung des Straffwerdens wegen trocknen lässt, dann beschlagen die Wände eines zweiten darüber gestülpten Reagenzglases mit Wassertröpfchen, sobald man das im unteren Glase befindliche

---

1) Sep.-Abdr. aus Pringsheim's Jb. Bd. XII. S. 125.

2) Cf. Haberlandt, Physiol. Pflanzenanatomie. Leipzig 1884. S. 373. u. f.

3) Ibid.

Wasser stärker erwärmt, das Wasser tritt also durch die beide Gläser hemmende Membran hindurch als Dampf, der sich an den kälteren Stellen wieder zu flüssigem Wasser verdichtet. Dass zu einer solchen Destillation nur geringe Temperaturunterschiede genügen, geht aus folgendem Versuche hervor: Stellt man den eben beschriebenen Apparat so auf, dass das untere Ende auf einem von der Sonne erwärmten Fensterbrett ruht, während das obere die kältere Fensterscheibe berührt, so wird ebenfalls an den Wänden des oberen Reagenzglases Wasser niedergeschlagen. Während dies aber im vorigen Versuche sehr schnell geschah, braucht es in diesem eine bedeutend längere Zeit, zumal da eine verhältnissmässig dicke Membran beide Gefässe trennt.

In der Pflanze haben wir nun ähnliche Verhältnisse, nur sind in ihren Wasserleitungsröhren die trennenden Membranen unendlich vielmal dünner als in unserem Apparate, so dass Wasserdämpfe viel leichter hindurchgelangen können als in letzterem.

Soll in der Pflanze aber Destillation des Wassers von unten nach oben hin stattfinden, so muss an dem unteren Ende eine höhere Temperatur herrschen als an den verdunstenden Blättern, und zwar muss dieselbe von unten nach oben allmählich abnehmen. Ob bei einer derartigen Destillationsbewegung nur Wasser aus dem Stammreservoir zur Verwendung kommt, oder ob dabei auch noch oder zu Zeiten vielleicht auch ausschliesslich durch die Wurzeltheile hindurch vermittelst des Luftdruckes gepresst wird, ist eine andere Frage, Solange die Wurzeln noch nicht von einem undurchlässigen Periderm überzogen werden, ist ein derartiger Wassereintritt nicht ausgeschlossen.

Was nun die für die Destillationsbewegung in der Pflanze nöthigen Temperaturunterschiede anbelangt, so sind diese in der That vorhanden.

Zu der Zeit, in welcher Wasserdampf sich in den Hohlräumen des Holzes nachweisen lässt, herrscht im Boden eine höhere Temperatur als in der Luft. In grösseren Tiefen kann ja in Folge des schlechten Wärmeleitungsvermögens des Bodens die Temperatur die umgekehrte als in der Luft werden; in 8 m Tiefe tritt z. B. das Temperatur-Maximum zwischen November und Januar ein [1]), das Minimum im Juni oder Juli, so dass dort die Jahreszeiten

---

[1]) Nach Beobachtungen von Dohrand in Nukuss. (NB. Es sind diese Angaben einer Vorlesung des Herrn Hofr. Prof. Dr. Sohnke in Jena entnommen).

gerade die entgegengesetzten sind wie oben, nur mit grosser Milderung des Gegensatzes.

Nach den Angaben Ebermayer's erreicht die Temperatur ihr Maximum

in 4′	Tiefe	im August oder September,	ihr	Minimum	im	Februar,
„ 12′	„	„ October,	„	„	„	April,
„ 20′	„	„ December,	„	„	„	Mai.

Von besonderem Einfluss auf die Verspätung der Extreme ist nach Beobachtungen von Forbes in Edinburg die Botenart.

Während im Boden die Temperatur sich längere Zeit auf demselben Grade hält und in grösseren Tiefen Schwankungen immer weniger unterworfen ist, sind die Schichten des Holzes, in denen sich das Wasser bewegt, also die jüngsten und am meisten nach aussen gelegenen, solchen viel mehr unterworfen. Dieses Verhältniss steigert sich noch bedeutend in den Aesten nnd Zweigen und am höchsten in den Blättern.

Da diese dem Einflusse der im Verhältniss zur Bodentemperatur niedrigeren Lufttemperatur am meisten ausgesetzt sind, so ist in ihnen die Differenz zwischen Boden- und Lufttemperatur am grössten.

Dazu kommen noch andere, bereits von Sachs [1]) gewürdigte Verhältnisse: „Blätter und dünne Sprossaxen, welche sich in freier Luft befinden, verlieren nicht nur durch Wärmestrahlung, sondern auch durch Wärmeabsorption bei der Dampfbildung des Wassers so beträchtliche Wärmemengen, dass sie für gewöhnlich kälter sind als die umgebende Luft. In klaren Nächten kann durch Ausstrahlung die Temperatur der Blätter selbst um mehrere Grade unter die der Luft sinken, und wenn die letztere z. B. 2—3^{0} über Null beträgt, so können jene 3—4^{0} unter Null abgekühlt werden, wobei der Wasserdampf der umgebenden Luft sich in Form von Eiskrystallen (Reif) auf den Pflanzen niederschlägt.“

Sobald unter diesen Verhältnissen die Hohlräume des Holzes nicht mehr von flüssigem Wasser erfüllt sind, verdunstet ein Theil des noch vorhandenen flüssigen Wassers in den entstandenen leeren Raum, um sich in den Tüpfelräumen wieder zu condensiren, deren Schliesshäute die geringste Temperatur besitzen. Die Richtung, nach welcher hin Wasser destillirt, ist demnach im Holze von innen nach aussen einerseits, von unten nach oben andererseits. Jedenfalls spielen bei der Verdichtung des Wasserdampfes die Tüpfelräume eine grosse Rolle, denn es ist ja That-

[1]) Vorl. XXV. p. 489.

sache, dass poröse Körper, z. B. Holzkohle, trockenes Holz etc., Wasserdampf in grosser Menge zu verdichten vermögen.

Ohne die Bewegung des Wassers auf dem Wege der Destillation würde es wohl schwer erklärbar sein, wie gefällte Bäume die mit dem belaubten Gipfel liegen bleiben, ihre Belaubung längere Zeit frisch und spannkräftig erhalten, ja sogar frisches Laub treiben, oder wie eine gefällte Weymouthkiefer, aufrecht im Bestande auf trockene Unterlage gestellt und von den Gipfeln der übrigen Bäume in aufrechter Stellung festgehalten, in Belaubung und Trieben von Anfang März bis Ende August grün und turgescent blieb, wie Th. Hartig [1]) beobachtete. Freilich muss hierbei wohl angenommen werden, dass zugleich die Transpirationsintensität herabgesetzt war, möglicherweise wurde auch Wasserdampf aus der Luft an der porösen Schnitt- oder Hiebfläche verdichtet und im Innern des Stammes weiter destillirt. Das Austrocknen des Holzes geschieht nicht auf Kosten und durch Wanderung von Imbibitionswasser der Holzwandung, sondern wir haben es hierbei ebenfalls nur mit einem einfachen Destillationsvorgang zu thun.

Die Beobachtung R. Hartig's [2]), dass der Wassergehalt der Birke, Buche, Fichte und Kiefer von unten nach oben steigt, gilt jedenfalls nur für die Zeit, in welcher nur Wasser von unten nach oben auf dem Wege der Destillation gelangt; die Verschiedenheit in Bezug auf den Wassergehalt in verschiedenen Baumregionen liegt zweifelsohne in der Art der Destillationsbewegung begründet.

Das Welken des Fichtenwipfels, welches genannter Autor anführt, trotz des beträchtlichen Wassergehaltes des oberhalb der durchschnittenen Splinttheile liegenden Holzes, erklärt sich so, dass mit der Durchschneidung des Splintes der Wurzeldruck nicht mehr zum Austrag kommen konnte, falls solcher in der geschlossenen Pflanze herrschte, andererseits aber die Bedingungen mangelten, eine Wasserbewegung auf dem Wege der Destillation zu bewirken, nämlich Temperaturunterschiede zwischen oben und unten.

Die bewegende Kraft bei der Destillationsbewegung liefert die Wärme, welche der Boden während der Zeit der Bestrahlung durch die Sonne aufgenommen hat, Temperaturunterschiede, die mit der Entfernung von unten nach oben zwischen beiden Endpunkten der Wasserleitung allmählich immer grösser werden im Verhältniss zur Vergrösserung der wärmeleitenden Flächen, wie sie der Bau

---

[1]) Bot. Z. 1861, sowie auch 1863 No. 41.

[2]) Zur Lehre etc. S. 51.

der Pflanze in seiner immer weitergehenden Verzweigung zeigt, bedingen die abwechselnde Verdunstung und Verdichtung des nach den Blättern hin destillirenden Wassers. In den Blättern angekommen, hat das in den Saumtracheiden endlich verdichtete Wasser durch Ausstrahlung die im Boden aufgenommene Wärmemenge, die zur Wasserbewegung nöthig gewesen war, zum Theil verloren, zum Theil wird sie zur Verdunstung des Wassers nach aussen noch aufgebraucht.

3. Betrachtung einiger anatomischer Einrichtungen des Holzes an der Hand der entwickelten Theorie.

Wie uns die Anatomie lehrt, giebt es Gewächse, deren Holz fast nur aus Tracheiden besteht, andererseits aber auch solche, bei denen diese manchmal ganz fehlen [1]). Beiderlei Elemente sind also für sich im Stande, die Bewegungsbahn für den Transpirationsstrom zu bilden, worauf auch der Umstand hinweist, dass beiderlei Elemente in einander übergehen [2]). Aus diesem Grunde vermögen sie auch sich gegenseitig als Wasserreservoire zu vertreten und zusammenzuwirken, insofern als der Gesammtholzkörper mit Ausnahme der parenchymatischen Elemente zu Zeiten als Wasserspeicher dienen kann [3]), nämlich zur Zeit der stärksten Wurzelthätigheit bei schwacher Transpiration. Es leuchtet ein, dass ein solches Wasserreservoir bei den Pflanzen am stärksten entwickelt sein muss, die nur für kurze Zeit durch die Wurzeln Wasser aufzunehmen im Stande sind oder dazu Gelegenheit finden; und so ist es auch in der That, wie Volkens näher nachgewiesen hat [3]): „Bei allen anatomischen Darstellungen von Steppen- und Wüstenpflanzen ist deren fester Bau ein stehender Refrain". „Bei denjenigen blattlosen Zygophylleen und Chenopodieen, welche ein umfangreiches Schwellgewebe in ihrer Rinde aufweisen, tritt der Holzcylinder völlig zurück."

Sachs [4]) spricht sich über die Bedeutung des Holzes so aus: „Der Holzkörper tritt als Vermittler auf; ist die Transpiration grösser als der Wurzeldruck, so giebt er Wasser an die Paren-

[1]) Sanio, Bot. Centralbl. Bd. XX. No. 1 Jg. V.

[2]) De Bary, Vergl. Anat. S. 498.

[3]) Cf. meine vorl. Mittheilung, Bot. Z. 1884. S. 186, sowie Volkens, Jb. d. k. bot. Gartens z. Berlin III. 1884.

[4]) Handb. d. exp. Physiol. d. Pfl. 1865, S. 232.

chymzellen des Blattes ab, ist letzterer grösser als erstere, so sammelt er Wasser an".

Ausser dem Holzreservoir treten bekanntlich noch bei einer Anzahl Pflanzen besondere Wassergewebe auf, sei es im Innern der Pflanze, sei es als epidermales Wassergewebe [1]).

Welches ist aber nun im Besonderen die Rolle der Gefässe und Tracheiden?

Schon öfter sind die Gefässe als die eigentlichen Wasserreservoire betrachtet worden, aus denen der Transpirationsstrom auf weitere Strecken hin gedeckt wird, wenn die Wurzeln nicht genügend Wasser in das Holz befördern, während die Tracheiden in erster Linie localen Bedürfnissen genügen, wie bereits Schwendener hervorgehoben hat [2]).

Tracheiden und Gefässe zeigen in ihrem Bau zwei ganz verschiedene Principien [3]); kommt bei jenen besonders das der grösstmöglichen Flächenentfaltung sur Geltung, so bei diesen umgekehrt das der Raumvergrösserung. Die Bedeutung der Gefässe tritt erst dann hervor, wenn die Wurzelthätigkeit beendet ist und die Destillationsbewegung beginnt, die aus den früher durch den Wurzeldruck gefüllten Gefässen nach den umgebenden Tracheiden bis zu den Tracheidenendigungen des Blattes hin vor sich geht.

Das Vorkommen der Gefässe bei den Laubhölzern und ihr Fehlen hei den Coniferen erklärt sich aus der verschiedenen Verdunstungstärke beider Baumarten, die nach v. Höhnel's [4]) Untersuchungen im Verhältniss von 6 : 1 (1879) und 8 : 1 (1878) sich berechnen liess. Bei der Lärche freilich, welche zu den am stärksten verdunstenden Holzgewächsen gehört (l. c.), muss das Fehlen der Gefässe durch noch zu ermittelnde Umstände bedingt sein, vielleicht durch langandauernde Wurzelthätigkeit. Zu berücksichtigen ist noch, dass die Tracheiden der Coniferen die der Laubhölzer an Weite beträchtlich übertreffen, den Farnen genügen besonders grosslumige, gefässartige Tracheiden den localen Anforderungen anstatt der Gefässe.

Einen deutlichen Fingerzeig für das Verständniss der Funktion der Tracheiden und Gefässe giebt uns das mikroskopische Bild

---

[1]) Cf. Strasburger, „Das bot. Practicum". Jena 1884. S. 89.

[2]) Cf. Haberland, Phys. Anat. S. 215, ferner Böhm, Inaugurationsrede.

[3]) Cf. auch meine vorl. Mitth. l. c. S. 186.

[4]) Mitthl. aus d. forstl. Versuchswesen Oesterreichs, Bd. II. H. III. Wien 1880. S. 20.

eines Holzquerschnittes. Bekanntlich ist das Frühjahrs- und Sommerholz reicher an Gefässen als das Herbstholz, dem sie oft ganz fehlen, ausserdem sind die Gefässe des Frühlingsholzes auffallend weitlumiger als die des Herbstholzes [1]), ebenso treten die Gefässe in den Stengeln untergetauchter Pflanzen auffallend zurück; es sind eben hier wie im Herbstholz keine Wasserreservoire nöthig, denn in letzterem steigt ja zuerst das durch den Wurzeldruck emporgepresste Wasser im Frühjahr empor. Bei Fagus silv. z. B. verschwinden bereits Ende August die Gefässe, nur Tracheiden und Holzfasern werden noch gebildet, die andererseits im Frühjahrsholz ganz fehlen. Erst wenn die Blätter ausschlagen und zu ihrer Entfaltung viel Wasser bedürfen, machen sich grössere Wassermassen nöthig, wie sie am schnellsten durch weitlumige Gefässe geliefert werden können.

Steht der Pflanze reichlich Wasser zur Verfügung, wie es bei den submersen Pflanzen der Fall ist, oder auf andere Weise, dann machen sich grössere Wasserspeicher überflüssig, wie eine Beobachtung Böhm's augenfällig lehrt: „Werden abgeschnittene Zweige von Salix fragilis im Frühjahre nach Beginn der Holzbildung unter Wasser getaucht, so fahren sie gewöhnlich auch unter den neuen Verhältnissen fort sich zu verdicken, das neugebildete, oft aus mehr als 20 Zelllagen bestehende Holz ist aber gefässlos“. Der anatomische Vergleich zweier ungefähr gleich starker Gefässbündel verwandter Pflanzen, wie von Ranunculus fluitans und repens, welche de Bary S. 345 seiner vergleichenden Anatomie abbildet, bilden eine weitere Bestätigung der oben geäusserten Ansicht über die speciellere Function der Gefässe, ebenso der Vergleich der Gefässbündelquerschnitte der Land- und Wasserform von Polygonum amphibium [2]).

Es wäre wünschenswerth, dass von den erörterten Gesichtspunkten aus die Palmen untersucht würden, da nach v. Mohl's [3]) Untersuchungen im mittleren Theile der Gefässbündel vieler Palmenstämme sich Gefässröhren grösster Weite finden (0,280—0,562 mm), ebenso die Papilionaceen und Caesalpinieen, welche nach Wiesner's [4]) Angaben besonders weite Gefässe aufweisen, sowie

---

[1]) Cf. Nördlinger, techn. Eigensch. d. H. S. 13.

[2]) Cf. Haberland, Phys. Anat. S. 213, sowie Volkens' Ber. d. bot. G. z. Berlin 1884. S. 44 des Sep.-Abdr.

[3]) Cf. De Bary, l. c. S. 176.

[4]) Rohstoffe etc.

die Schling- und Kletter-Pflanzen, auf deren Weite Crüger[1]) hinweist.

Westermaier[2]) glaubt den Nachweis geliefert zu haben, dass auch die grosslumigen Intercellularen im Xylem gewisser Pflanzen mit den sie umhüllenden dünnwandigen Zellen anatomische und physiologische Analoga der Gefässe mit dem sie begleitenden Parenchym seien.

An dieser Stelle sei auch auf die Verschiedenheit der Durchmesser der Leitungsröhren auf einem Wurzel- und einem Stammquerschnitt hingewiesen. Der Umstand, dass in der Hauptwurzel jene Elemente bedeutend grosslumiger sind als im Stamm, und nach den Blättern zu sich immer mehr verengern, ist jedenfalls bei der Wasserbewegung und Condensation des Wasserdampfes von Bedeutung, da bekanntlich in Cappillarröhren das Wasser sich immer nach dem sich verengernden Ende hinbewegt. Um zu zeigen, wie bedeutend diese Durchmesserunterschiede sind, sollen einige Zahlen mitgetheilt werden.

Pinus silvestris. Stammtracheide: Blatttracheide = 7,5:1.

Ampelopsis. Gefäss des alten Holzes aus dem Stamm: Gefäss an der Basis des Blattstiels = 4:1.

Periploca graeca. Gefäss des Stengels: Gefäss an der Blattbasis = 15:1.

Glycine sinensis. Gefäss im jüngsten Jahresringe eines 5-jährigen Stengels: Gefäss an der Basis der Blattfieder = 15 : 1.

Die Verschiedenheit im Durchmesser von Frühjahrs- und Sommerholz einerseits und Herbstholz andererseits hängt genau mit ihrer verschiedenen Leistung zusammen. In ersteren geht die Leitung flüssigen, mit Nährstoffen versehenen Wassers während der Zeit der Neubildung vor sich, gegen deren Ende die Anzahl der specifischen Wasserleitungsröhren abnimmt; auch die Lumina der Tracheiden werden kleiner nach dem Herbste zu, zuletzt werden nur noch Tracheiden gebildet, denen besonders die Condensation des Wasserdampfes obliegt, denn ihr ganzer Bau lässt sie als eigentliche Condensatoren erkennen. Mit der Verkleinerung des Lumens ist eine Verstärkung der Wandung verbunden, wodurch zugleich den mechanischen Anforderungen Rechnung getragen wird, dem Druck der parenchymatischen Elemente einen grösseren Gegendruck in dem Grade entgegenzusetzen, als der des früher aus

[1]) Westermaier und Ambronn, Flora 1881 No. 17.

[2]) Sitzungsber. d. kgl. pr. Ak. d. W. z. Berlin. 1884. XLVIII.

dem Innern der Wasserleitungselemente nach aussen wirkende Wurzeldruck abnimmt. Die Verdickung der Wandung bedingt auch zugleich die der Tüpfelwandung.

Dass die Tracheiden in ihrer starken Membranflächenentfaltung die eigentlichen Condensatoren des Wasserdampfes sind, tritt besonders im Bau der Saumtracheiden hervor, deren fragliche Bedeutung einerseits zu meiner Dissertation [1]), andererseits zu meinen übrigen Arbeiten Veranlassung war. Bekanntlich werden die Gefässbündelenden im Blatte von Säumen mehr oder weniger isodiametrischer, eigenthümlich verdickter Tracheiden begleitet und an der Spitze von einer Haube solcher bedeckt, derart, dass sie oft das ganze Bündel an Masse übertreffen. Berücksichtigen wir nun, dass im Blatte die grösste Wassermenge verbraucht wird, so kann es nicht Wunder nehmen, dass hier an der Endstation der Wasserleitung, dem Verbrauchsorte, die Condensationsapparate besonders zahlreich und eigenthümlich gestaltet sind; in ihnen ist einerseits die Attraktionsfläche zur grössten Entfaltung gelangt, andererseits die Zahl der Wasserbehälter zugleich als möglichst grosse gegeben, wie sie zur Befriedigung des angrenzenden, saugenden Assymilationsgewebes nöthig ist. Die Tracheidensäume und -Hauben bilden gewissermaassen das Endreservoir, aus dem das Chlorophyllgewebe des Blattes unmittelbar oder vermittelst eines farblosen Querparenchyms seinen Bedarf entnimmt, weshalb sie auch, wie schon de Bary [2]) bemerkt, ausschliesslich wassererfüllt sind.

Dementsprechend besitzen auch solche Pflanzen, die am stärksten der Transpiration ausgesetzt sind und dabei die geringste Wasserzufuhr von aussen her bekommen, die stärkste Entwickelung eines solchen Wasserspeicherungs- und Condensationsgewebes, wie aus den in meiner Dissertation hierfür mitgetheilten Beispeilen ersichtlich ist, in welcher die Frage nach der Function des genannten Gewebes noch nicht ihre befriedigende Lösung gefunden hatte. Die in meiner vorläufigen Mittheilung zu dieser Arbeit [3]) gegebene Deutung der fraglichen Tracheiden wird durch die Untersuchungen von Volkens [4]) bestätigt. Letzterer beschreibt Tracheiden-

---

[1]) Cf. diese Zeitschr. XVI. N. F. IX. Bd. 1883.

[2]) Anat. Cap. 177.

[3]) Bot. Z. 1884. No. 12. S. 187.

[4]) „Beziehungen zwischen Standort und anatomischem Bau der Vegetationsorgane“. Sep.-Abdr. aus d. Jahrb. d. k. bot. Gartens z. Berlin III. 1884. S. 33.

endigungen bei Capparis galeata, die sich ganz den Saumtracheiden anreihen: „Sie erfahren hier, wo die Wasserzufuhr nur selten eintritt, der Wasserverbrauch aber trotz aller Schutzmassregeln ein stetiger und grosser ist, eine ganz aussergewöhnliche Entwicklung."

Aehnliche locale Wasserreservoire sind auch die von KNY und ZIMMERMANN[1]) näher beschriebenen Spiralzellen im Blatte von Nepenthes; sie haben nach Angabe der genannten Autoren die Aufgabe, „für eine Speicherung und möglichst gleichmässige Vertheilung des Wassers an das Assimilationsgewebe Sorge zu tragen."

Die „Hofporenzellen" der Markstrahlen, oder Markstrahltracheiden, welche nach SCHULZ[2]) nur den Abietineen eigenthümlich und als Wasserbehälter für das Markstrahlgewebe zu betrachten sind, dienen wohl auch noch einer ausgiebigen Wasserbewegung in radialer Richtung.

GODLEWSKI (l. c.) schreibt auch den parenchymatischen Markstrahlzellen eine grosse Bedeutung bei der Wasserbewegung bei und sucht ihre Verlängerung in der Richtung des Markstrahls so zu erklären, dass es nöthig sei, dass die Zelle mehrere Tracheiden berühre, „denn nur dadurch, dass das aus mehreren die Zelle berührenden Tracheiden aufgenommene Wasser in eine einzige Tracheide hineingepresst wird, ist die Entstehung eines namhaften zur Wasserbewegung erforderlichen Druckunterschiedes in den Tracheiden möglich." Unserer Ansicht nach stehen die Markstrahlzellen zur Wasserleitung nur insofern in Beziehung, als sie zur Vegetationszeit derselben Wasser entziehen, um es nach Ablagerung der Stärke wieder in sie hineindestilliren zu lassen, durch Streckung in radialer Richtung wird das Aus- und Rückwandern der verflüssigten Stärke dadurch erleichtert, dass die Zahl Widerstand leistender Querwände vermindert ist.

Was die an den Seitenwänden, welche Tracheiden und Markstrahlzellen trennen, befindlichen grossen Tüpfel anbelangt, so haben diese den Zweck, das unter Druck emporgepresste Wasser in reichem Maasse durchfiltriren zu lassen, wenn es sich darum handelt, die Reservestoffe zu verflüssigen.

Es erübrigt noch, auf die Bedeutung der Schliesshäute für die Wasserleitung hinzuweisen, deren Zweck am auffallendsten uns in den behöften Poren zum Verständniss gebracht wird.

---

[1]) Ber. d. deutsch. bot. Ges. Jg. 1885. Bd. III. S. 127.

[2]) „Das Markstrahlgew." Diss. Berlin.

Diese entsprechen, wie SCHWENDENER [1]) richtig erkannt hat, dem Bedürfniss, die Diffusionsfläche möglichst zu vergrössern, ohne die Festigkeit der Wand mehr als nöthig zu beeinträchtigen; denn wenn die Umgebung so beschaffen ist, „dass die letztere Rücksicht wegfällt, so können die Poren gross und doch unbehöft sein, d. h. die Verengung nach dem Lumen zu wird überflüssig". Die Schliesshäute sind die einzigen für Wasser durchlässigen Stellen des Wasserleitungssystems; sie ermöglichen die Ueberführung des Wassers von der Wurzel zur Baumkrone sowohl in flüssiger als dampfförmiger Gestalt, sowie nach den angrenzenden wasserbedürftigen parenchymatischen Elementen, also den stärker aufsteigenden Holztheilen einerseits, dem Cambium und dem Rindenparenchym andererseits. Während die Tangentialwände der Frühlingsholz-Tracheiden tüpfelfrei sind, treten auf denen des Herbstholzes zahllose Tüpfel auf, um nach dem Cambium Wasser gelangen zu lassen.

Die Deutung, welche GODLEWSKI [2]) den Schliesshäuten giebt, ist ganz treffend. Er vergleicht den Porus mit dem Platinconus beim Schnellfiltrirapparate, und den unverdickt gebliebenen Rand sammt seinen Rillen mit einem gefalteten Filter; den Hoftüpfel betrachtet er als einen doppelten Trichter, welcher mit einem einzigen Filter und einer Einrichtung zum Schutz desselben (Torus) versehen ist.

Während der Torus verhindert, dass bei starkem Wurzeldruck die im Uebrigen so unendlich feine Schliessmembran durch den Tüpfelkanal hindurchgepresst wird, gestattet er der Schliessmembran, sich dem Tüpfelgewölbe anzulegen, so dass nur an den Rillen Wasser hindurchfiltriren kann. Solange Wasser das Wasserleitungssystem erfüllt, vermag der Torus jedoch keinen vollständigen Verschluss des Tüpfelganges zu bilden; der Versuch ergab nämlich, dass bei stärkerem Filtrationsdrucke nicht, wie RUSSOW erwartet, weniger, sondern mehr Wasser als bei schwachem filtrirt, so dass die Deutung der Tüpfel als „Klappenventile", die ihnen RUSSOW gab, weniger zutreffend ist als die GODLEWSKI's. Ein vollständiger Verschluss wird erst dann gebildet, wenn die durch die Transpiration entleerten Wasserleitungselemente in Luft durchschnitten werden; der äussere Luftdruck presst dann sofort die Tori der geöffneten Elemente nach den angrenzenden Poren der geschlossenen Elemente.

[1]) Die Schutzscheiden. S. 17 und 18.
[2]) l. c. S. 616.

Würden die Schliesshäute nicht durch den Torus geschützt sein, so würden bei der geringsten Verletzung des wasserleitenden Holzes, falls dieses wasserleer ist, im Augenblick sämmtliche Schliesshäute des ganzen Wasserleitungssystemes gerissen werden und dieses sich mit Luft füllen, womit die Wasserbewegung für immer zum Stillstehen gebracht wäre [1]).

Bei der Bewegung des Wassers in Dampfform spielen jedenfalls die behöften Tüpfel mit den Schliesshäuten eine Hauptrolle, insofern in ihnen die Condensation des Wasserdampfes eingeleitet wird. Der mechanische Bau der Tüpfel, der in seinen Abweichungen nur mechanischen Anforderungen entspricht, ist ein solcher, dass auch für die Vergrösserung der Membranausdehnung gesorgt ist, womit eine ausgiebige Condensation von Wasserdampf bedingt ist, sobald die Temperaturverhältnisse dies gestatten. Während der Destillationsbewegung des Wassers werden die Schliesshäute nicht verschoben, daher sind sie im Herbstholz immer straff ausgespannt [2]), während sie in den saftleitenden Zellen des Frühjahrsholzes beständig seitlich gestellt sind [3]).

Wenn wir früher die Ansicht Westermaier's, sowie Godlewski's zurückgewiesen haben, dass die parenchymatischen Elemente des Holzes bei der Emporschaffung des Transpirationswassers betheiligt seien, so möchten wir zum Schluss noch die auch von Haberlandt in seiner physiologischen Anatomie aufgestellte Ansicht zu entkräftigen suchen, wonach es wahrscheinlich sei, dass die Gefässe und Tracheiden auch an der Leitung der Kohlehydrate bethätigt seien.

Als Beleg für diese Ansicht führt Haberlandt zunächst einen Versuch von P. Schulz [4]) an, welcher aus dem oben genannten Werke des ersteren mitgetheilt sei: „Er bohrte aus 2,5—3 cm dicken Zweigen von Aesculus Hippocastanum, deren Blüthenknospen eben aufbrachen, das Mark ungefähr 8 cm weit heraus und steckte ein Glasröhrchen in die Höhlung. Nachdem die Schnittfläche mit Siegellack luftdicht abgeschlossen war, wurde das Röhrchen mit 1-proc. Tanninlösung gefüllt und in die gleiche Flüssigkeit enthaltendes Gefäss gestellt. Die Knospen brachen bald auf, entfalteten ihre Blätter, und 10—14 Tage nach Beginn

---

[1]) Cf. das hierüber in meiner vorl. Mitthl. Bot. Z. 1884. No. 12 Gesagte.

[2]) Cf. Russow, l. c. S. 36.

[3]) Cf. Sanio, Pringsheim's Jb. IX. S. 84.

[4]) „Das Markstrahlgewebe“ etc. Diss. Berlin 1882.

des Versuches wurde die mikrochemische Untersuchung der Aeste vorgenommen. Nach Zusatz von Eisenchlorid färbte sich bloss der Inhalt der Gefässe und das angrenzende Holzparenchym- und Markstrahlgewebe schwarz. Die Tanninlösung musste demnach, da die Gefässe mit derselben nicht in Berührung standen, in das Holzparenchym und die Markstrahlen osmotisch eingedrungen sein von diesen aus wurde sie dann in die Lumina der Gefässe gepresst. — Das Ergebniss dieses Versuches berechtigt uns demnach zu der auch mit anderen Thatsachen in Einklang stehenden Annahme, dass im Frühjahr, wenn sich die im Holzparenchym und den Markstrahlzellen aufgespeicherte Stärke in Zucker verwandelt, die Zuckerlösung in das wasserleitende Röhrensystem osmotisch hineingepresst wird und in demselben mit dem Transpirationsstrom in die wachsenden Blätter gelangt."

Dem beschriebenen Versuche haben wir den wohlbegründeten Einwand entgegenzustellen, dass durch das Einschieben der Glasröhre eine ganze Anzahl Gefässe und Tracheiden geöffnet werden, wahrscheinlich bereits bei der Entfernung des Markes, so dass bei beginnender Transpiration die Tanninlösung in die geöffneten Elemente eingepresst werden musste. Es ist ausserdem höchst unwahrscheinlich, dass die parenchymatischen Elemente nach Einsaugung von Tanninlösung noch im Stande sind, diese in die angrenzenden Gefässe zn pressen, zumal längere Zeit hindurch.

Der Umstand, dass der Blutungssaft von Acer sacharinum und Acer platanoides mehrere Procente Zucker aufweist[1]), spricht keineswegs dafür, dass der Gefässsaft Zucker enthält, welcher in Lösung erst aus dem Holzparenchym und den Markstrahlen im Frühjahr in sie hineingepresst werden soll.

Vielmehr lässt sich das Auftreten von Zucker im Blutungssafte so erklären, dass durch das Ausströmen des Gefässinhaltes über die verletzten parenchymatischen Elemente hinweg in diesen selbst mechanisch ein osmotischer Strom eingeleitet wird, oder der Zucker neben Spuren von Eiweiss, wie SACHS[2]) bemerkt, offenbar aus dem Holzkörper gewissermassen ausgewaschen wird. Ausserdem ist hier zu berücksichtigen, dass die Exosmose durch Strömung gesteigert wird, wie WIRBEL[3]) nachgewiesen hat.

---

[1]) HABERLANDT, l. c. S. 366.

[2]) Vorl. XVI. S. 328.

[3]) „Die Aenderung der osmot. Erscheinungen und Gesetze durch die strömende Bewegung der Flüssigkeiten" etc. Hamburg, Abhandl. d. Nat. W. V. Bd. VII. 2 Abthl. 1883.

Auch andere Thatsachen sprechen gegen die Annahme des Austrittes von organischen Substanzen in das Gefässwasser der unverletzten Pflanze hinein. Es sei nur daran erinnert, dass zuckerhaltige Gewebe (Runkelrübenschnitte) in Wasser gelegt keinen Zucker in dasselbe abgeben [1]), auch treten aus den Wurzeln keine solchen Stoffe in das dieselben umgebende Wasser aus. Das lebende Protoplasma nimmt, solange es noch von der Zellhaut umschlossen wird, wohl Wasser auf osmotischen Wege auf, giebt aber dafür keine Stoffe in dasselbe nach aussen ab.

Es zeigt auch der Schulz'sche Versuch wie andere, früher besprochene, wie vorsichtig man sein muss in der Uebertragung von Schlüssen aus an Pflanzentheilen gemachten Beobachtungen auf die ganze, unverletzte Pflanze.

Schluss.

Unsere bisherigen Betrachtungen haben gezeigt, dass sich die Pflanze verschiedener Mittel bedient, um das zum Lebensunterhalt nöthige Wasser und Nährstoffe an die Verbrauchsorte zu befördern. Zur Zeit der Neubildung von Organen und organischer Substanz bewegt sich, wie wir gesehen, ein mit anorganischen Nährstoffen beladener Strom flüssigen Wassers ausschliesslich im Lumen der für Luft unter normalen Verhältnissen undurchdringlichen trachealen Elemente mit Hülfe des Wurzeldruckes und der Capillarität, von welchen der erstere sich als treibende, die letztere als haltende Kraft erwies. Alsdann lernten wir die Bewegung des Wassers in Dampfform kennen, welche nach Aufhören der Wurzelthätigkeit und der Neubildung zur Zeit der Rückwanderung der Reservestoffe in die im Holz eingebetteten Behälter Ende Sommers und Anfang Herbstes ausschliesslich statthat, aber auch während der Zeit der Wurzelthätigkeit, jedoch nur bei Trockenheit des Bodens oder zu starker Transpiration stattfinden kann.

Vorliegende Arbeit macht keinen Anspruch auf Vollständigkeit; ihr Zweck ist, neue Gesichtspunkte für die Theorie der Wasserbewegung zu bringen, sowie zu weiteren Untersuchungen anzuregen, zu deren Ausführung dem Verfasser leider bis jetzt nicht die nöthige Zeit zu Gebote stand.

---

[1]) Cf. Pfeffr, Physiol. I. S. 45 u. 46.

Nachtrag.

Die vorliegende Arbeit befand sich bereits im Drucke, als dem Verfasser noch eine Arbeit HANSEN's: Ein Beitrag zur Kenntniss des Transpirationsstromes" [1]) zu Gesicht kam, in welcher derselbe als selbstbewusster Retter der „Imbibitionstheorie" auftritt. Noch hält der genannte Autor an der wohl den meisten Pflanzenphysiologen wunderbar scheinenden, von SACHS angenommenen Eigenschaft der verholzten Membran fest, Wasser mit grosser Leichtigkeit weiterleiten zu können. Wenn HANSEN es DE VRIES, welcher aus der Diffusion gelöster Stoffe innerhalb der Gelatine einen Beweis gegen die SACHS'sche „Imbibitionstheorie" herleitet [2]), zur Pflicht macht, zu beweisen, dass die Holzmembran thatsächlich aus „gelée" bestehe, so kann man wohl mit besserem Rechte von ihm verlangen, dass er uns jene wunderbare Eigenschaft der Holzmembran beweist. Er glaubt dies zwar durch seine mitgetheilten Versuche gethan zu haben, mit welcher Überzeugungskraft dies aber geschehen, wird für diejenigen Forscher leicht ersichtlich sein, welche nicht mehr wie der Veranlasser dieses Nachtrages in dem Dogma von der Imbibitionsfähigkeit der verholzten Membran befangen sind.

HANSEN stellte seine Versuche zunächst in der Weise an, dass er das untere Ende beblätterter Pappelzweige entrindete und ½ St. in Wasser kochte, dann in einen Cylinder mit gewöhnlichem Wasser stellte, dessen unmittelbare Verdunstung durch einen den Cylinder verschliessenden Kork verhindert wurde. Es ergab sich, dass die Versuchszweige bei mehrtägiger Transpiration frisch blieben, während die nicht auf diese Weise behandelten Zweige weniger Wasser aufnahmen und früher welkten.

An diese Beobachtung knüpft unser Autor die Vermutung, „dass durch die angegebene Procedur die Leitungsfähigkeit des Holzes sogar zeitweilig gesteigert werden kann."

Wenn wir auch HANSEN das Verdienst nicht abstreiten können, GODLEWSKI's Theorie durch einen einfachen, schlagenden Versuch als ungültig erwiesen zu haben, so müssen wir jedoch der zuletzt mitgetheilten Vermutung energisch entgegentreten. Wie stimmt, muss man unwillkürlich fragen, diese Zunahme der Leitungsfähig-

---

1) Arb. d. Bot. Inst. in Würzburg. III. Bd. H. II. S. 305 u. ff.
2) Extrait des Arch. Néerland. T. 20.

keit der Holzmembran durch Kochen, wie sie sich Hansen denkt, zusammen mit der von den Verfechtern der „Imbibitionstheorie“ behaupteten und beispielsweise den Filtrationsversuchen Elfving's[1]) entgegengehaltenen Abnahme der Leitungsfähigkeit der Holzmembran durch irreparable, für Druckfiltration hinderliche Veränderungen[2]), wie sie eintreten sollen, sobald die Schnittfläche des Versuchsobjektes nur kurze Zeit in Luft verweilt habe? Wird etwa durch Kochen der ja auch bei Hansen's Versuchen nicht ausgeschlossene derartige Schaden wieder gut gemacht? Das scheint uns schwer begreiflich.

Suchen wir aber eine Erklärung für das längere Frischbleiben der an den am unteren Ende gekochten Zweigen befindlichen Blätter, sowie für die Thatsache, dass gerade ungekochte Pappelzweige in Wasser gestellt bald welken.

Nehmen in letzterem Falle die Zweige kein Wasser auf, so geschieht es deshalb, weil beim Durchschneiden in die durch die Transpiration leer gewordenen Wasserleitungsröhren Luft eingetreten ist (Hansen giebt nicht an, dass er seine Versuchszweige unter Wasser abgeschnitten habe); im ersteren Falle wurde jedoch die beim Durchschneiden des Zweiges eingetretene Luft durch Kochen des unteren Zweigendes in Wasser ausgetrieben und somit die Verstopfung der Leitungsröhren wieder aufgehoben. Das ist die einfache und ungezwungene Erklärung der sonst so wunderbar erscheinenden Beobachtung Hansen's.

Man könnte dieser Erklärung vielleicht einwenden, dass sie der bei der Besprechung der Versuche Janse's gegebenen widerspräche, die zur Rettung der Godlewski'schen Theorie angestellt wurden; dem scheint jedoch nur so.

Erinnern wir uns an diese S. 691 besprochenen Versuche, bei denen ebenfalls die Versuchszweige stellenweise gekocht wurden. Das aus diesem Verfahren sich ergebende Aufhören der Wasserbewegung erklärten wir dort durch Verstopfung der Leitungsröhren durch gequollene, parenchymatische Massen. Doch hier verhält sich die Sache anders als bei Hansen's Versuchen, indem Janse die Versuchszweige im Verband mit der lebenden Pflanze beliess, während ja Hansen die Wasserleitungsröhren am unteren Ende durch den Schnitt öffnete, sodass nun beim Kochen etwa eingedrungene Luft zugleich wieder entfernt werden konnte; bei Janse

---

[1]) Bot. Z. 1882. No. 42.

[2]) Cf. auch meine Kritik der Versuche Dufour's, B. Z. 1884 No. 12.

trat also durch Kochen Verstopfung der Röhren, bei HANSEN das Gegentheil ein, und dementsprechend im ersteren Falle baldiges Welken der Blätter an den Versuchszweigen, im letzteren längeres Frischbleiben der ersteren.

Doch sehen wir uns auch die übrigen Versuche HANSEN's an, welche sich auf ganze Pflanzen beziehen, ähnlich wie die JANSE's. Das Resultat derselben lässt sich auf dieselben Ursachen zurückführen, wie bei den eben besprochenen Versuchen. Pittosporum floribundum ausgenommen, untersuchte HANSEN nur krautartige Pflanzen, sowohl Topfpflanzen deren Wurzelsystem von der daranhängenden Erde befreit worden war, als auch Wasserkulturpflanzen und unausgestopfte Pflanzen. In diesen Versuchen waren es die Wurzeln, welche gekocht wurden, und zwar so, dass nach Beendigung der Versuche auch die in Erde getödteten Wurzeln völlig todt waren. „Von einer Turgescenz war nicht mehr die Rede, alles Parenchym war collabirt und liess sich leicht vom centralen Gefässbündelcylinder abstreifen. So stellten dann die Wurzeln nur noch dünne, aus lauter Zellmembranen bestehende Fäden dar, in denen osmotische Vorgänge nicht mehr stattfinden konnten“ (S. 313 l. c.) Da nun die so behandelten Pflanzen noch tagelang Wasser aufnahmen, wenn sie nach der Tödtung in Wasser gestellt wurden oder in mässig feuchter Erde sich befanden, so ist nach HANSEN's Ansicht keine andere Möglichkeit vorhanden, als dass das Wasser durch Imbibition aufgenommen und in den Zellwänden fortbewegt wurde. Uns genügt jedoch diese Möglichkeit nicht, wir glauben uns nicht zu irren, wenn wir auch hier die von uns oben mitgetheilte Erklärung der HANSEN'schen Beobachtung gelten lassen. Konnte in JANSE's Versuchen an oberirdischen Pflanzentheilen des grösseren Rindenwiderstandes wegen durch Kochen die Verstopfung der Leitungsröhren nicht aufgehoben werden, so geschah dies in HANSEN's Versuchen durch Kochen der verhältnissmässig zarten Wurzeln zumal bei den krautartigen Pflanzen leicht, nach Tödtung des Wurzelparenchyms musste das in den Gefässen eingeschlossene Wasser beim Kochen die Gefässe öffnen und zwar am aufsaugenden Ende der Wasserleitung, wenn es nicht schon vorher durch Zerreissen geschehen war, wie an den Versuchsobjekten, deren Wurzelsystem von der daran haftenden Erde befreit wurde; bei JANSE konnte wohl auch durch das in den Gefässen eingeschlossene erwärmte Wasser eine Sprengung der Gefässe eintreten, dann war es aber nicht am Ende, sondern an einer im Leitungssystem selbst befindlichen Stelle, ein Schaden,

der mit dem durch Platzen einer gewöhnlichen Wasserleitungsröhre entstandenen vergleichbar wäre, dann musste jedoch das Wasserleitungssystem gefüllt sein. Wir haben es also auch in den zuletzt besprochenen Versuchen HANSEN's mit unten geöffneten Leitungsröhren zu thun, in welche der Atmosphärendruck Wasser nachpresst, soweit die Blätter solches am anderen Ende der Leitung verdunsten.

Höchst voreilig schliesst nun HANSEN aus seinen Versuchen (l. c. S. 307): „Die Möglichkeit, dass Pflanzen tagelang mit todten Wurzeln ihre Transpiration decken, wirft ein Licht auf den schon längst von SACHS als solchen gekennzeichneten, in neuerer Zeit wieder hervorgesuchten Irrthum, dass der Wurzeldruck, welchen man an abgeschnittenen Pflanzen beobachtet, auch in der normalen Pflanze bei der Bewegung des Transpirationsstromes mitwirke."

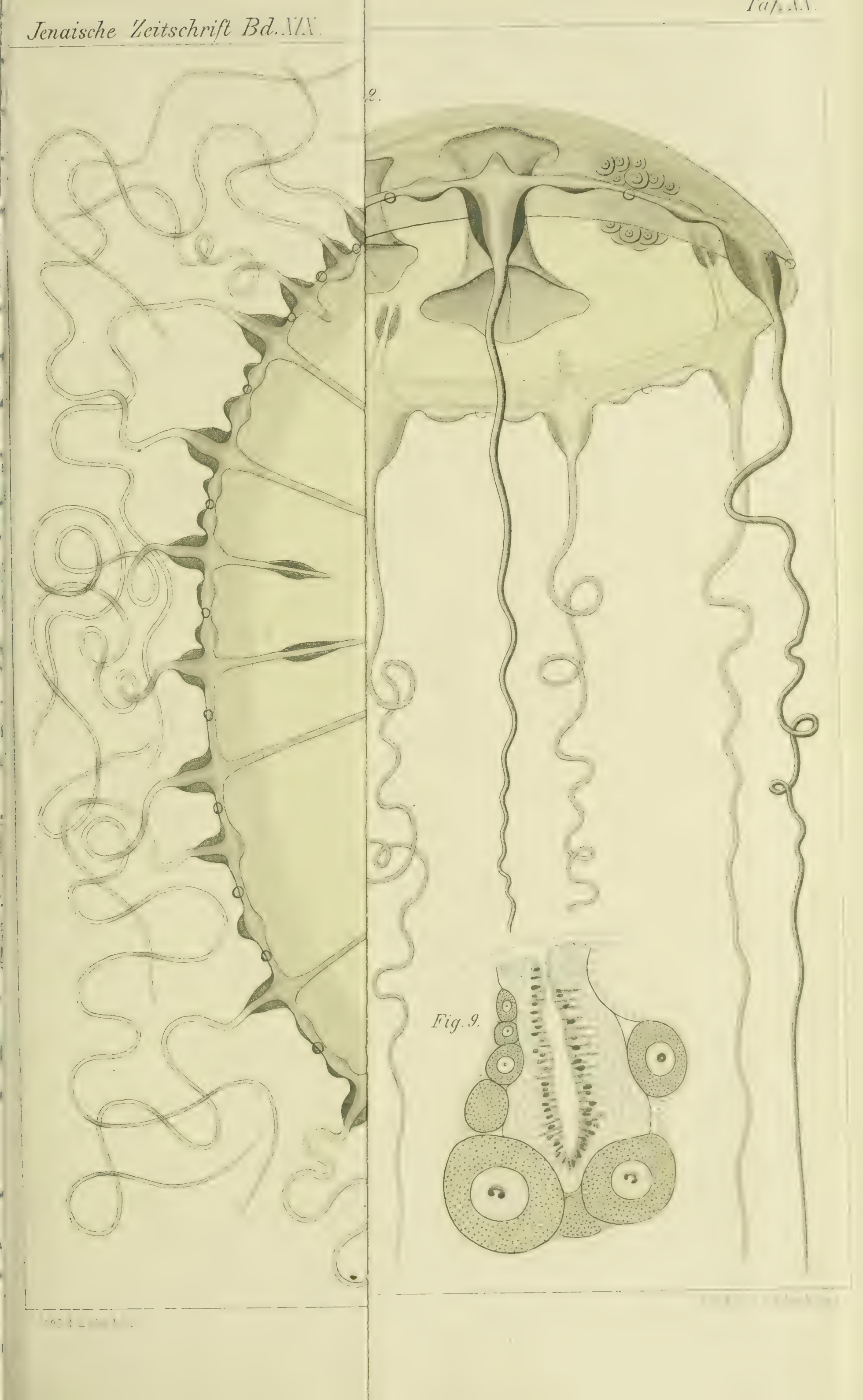
Auf welcher Seite der Irrthum liegt, werden unbefangene Leser leicht herausfinden; es sei nur auf das S. 695 und 700 über den Wurzeldruck Gesagte erinnert.

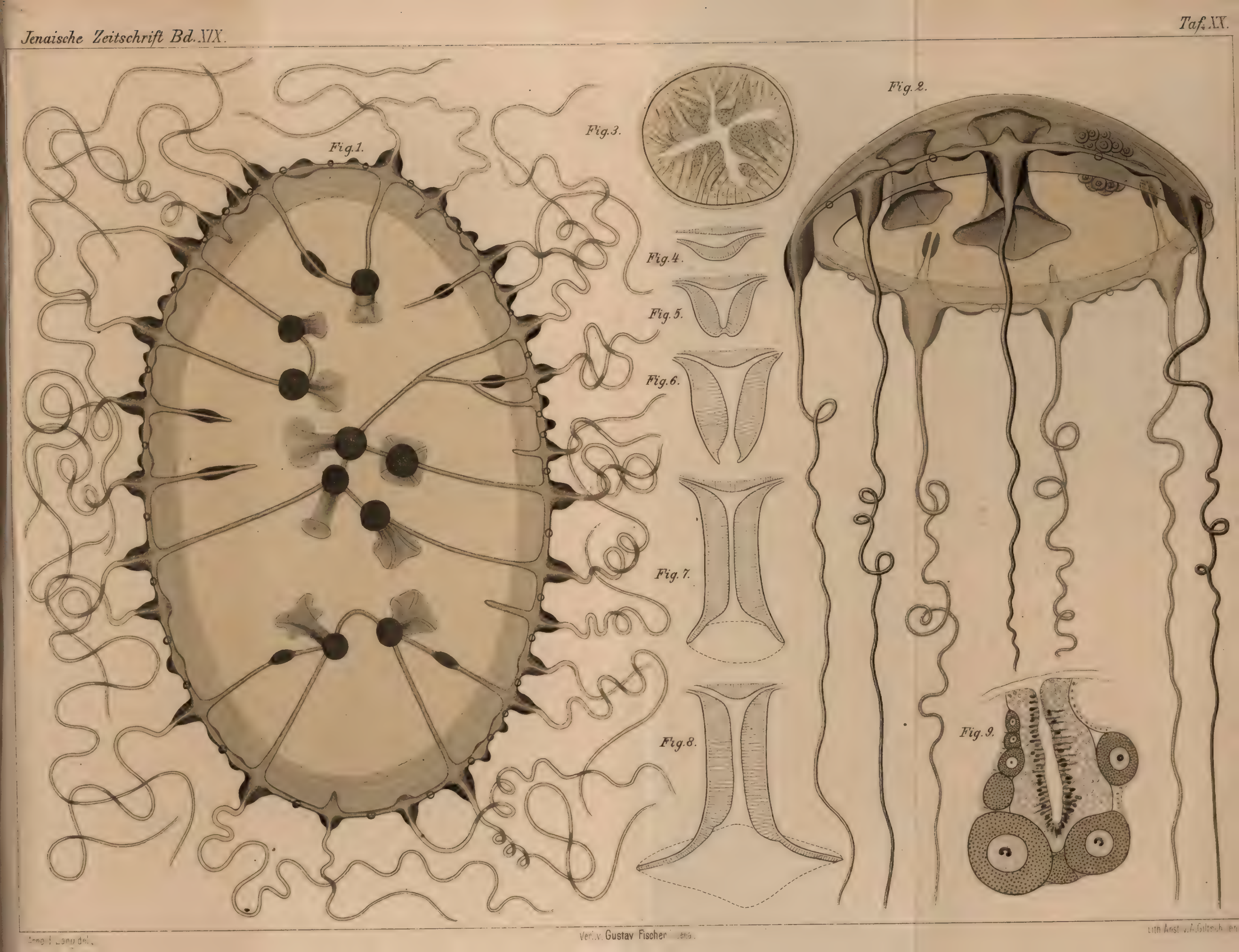
Das Mitgetheilte wird genügen, zu zeigen, dass die absoluten Gegner der „Imbibitionstheorie" noch nicht, wie Herr HANSEN triumphierend ausruft, genöthigt sind, ohne jede Theorie der Transpirationsströmung sich für die nächste Zeit zurechtzufinden.

Der Schlusssatz der HANSEN'schen Arbeit, mit dem auch wir schliessen wollen, ist recht geeignet, die Art und Weise zu kennzeichnen, mit welcher strenggläubige Verfechter des Satzes von der wunderbaren Leitungsfähigkeit der verholzten Membran sich den Gegnern gegenüber in die Brust werfen:

„Gegenüber den Misserfolgen aller anderen Theorien, welche daher rühren, dass dieselben vom anatomischen Bau des Holzes nicht loskommen konnten, ist die Imbibitionstheorie in der glücklichen Lage, von den mikroskopisch sichtbaren anatomischen Verhältnissen ganz unabhängig zu sein, und besitzt, da sie blos auf den Eigenschaften verholzter Zellwände basirt, ganz allgemeine Gültigkeit für alle Pflanzen, welche solche enthalten".

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena.


Jenaische Zeitschrift Bd. XIX.
Taf. XX.
2.
Fig. 9.



Verl. v. Gustav Fischer

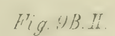


Fig. 9B. II.

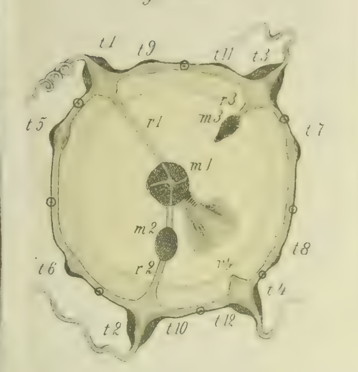


Fig. 11B. IV.

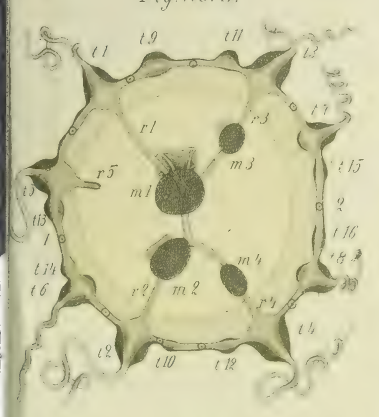


Fig. 13B. VI.

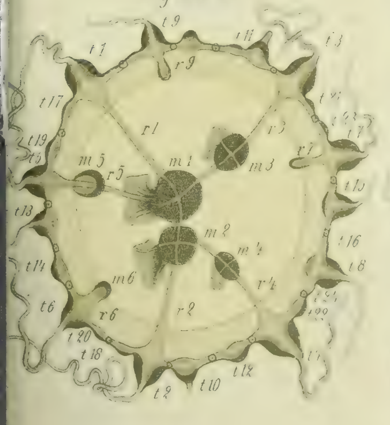


Fig. 9A. II.

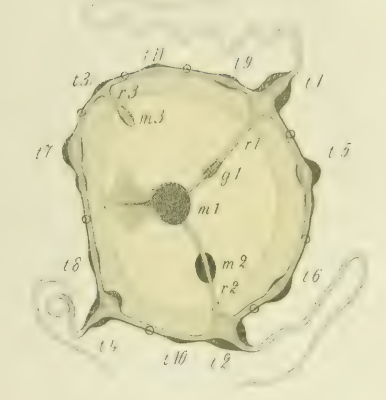


Fig. 11A. IV.

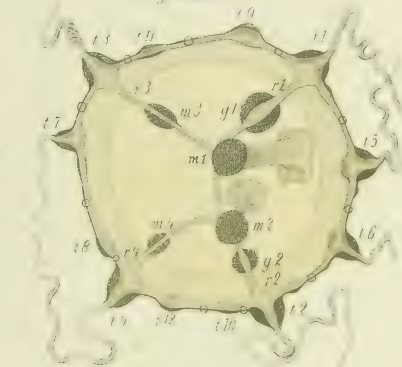
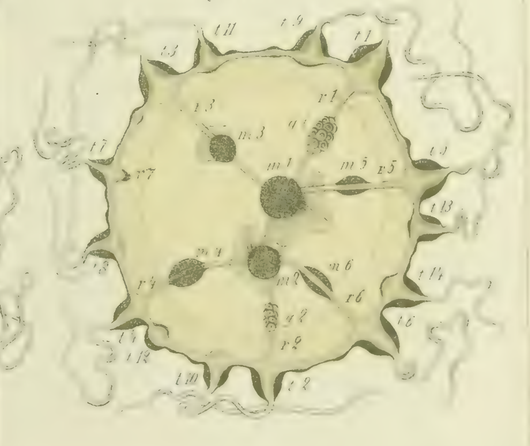
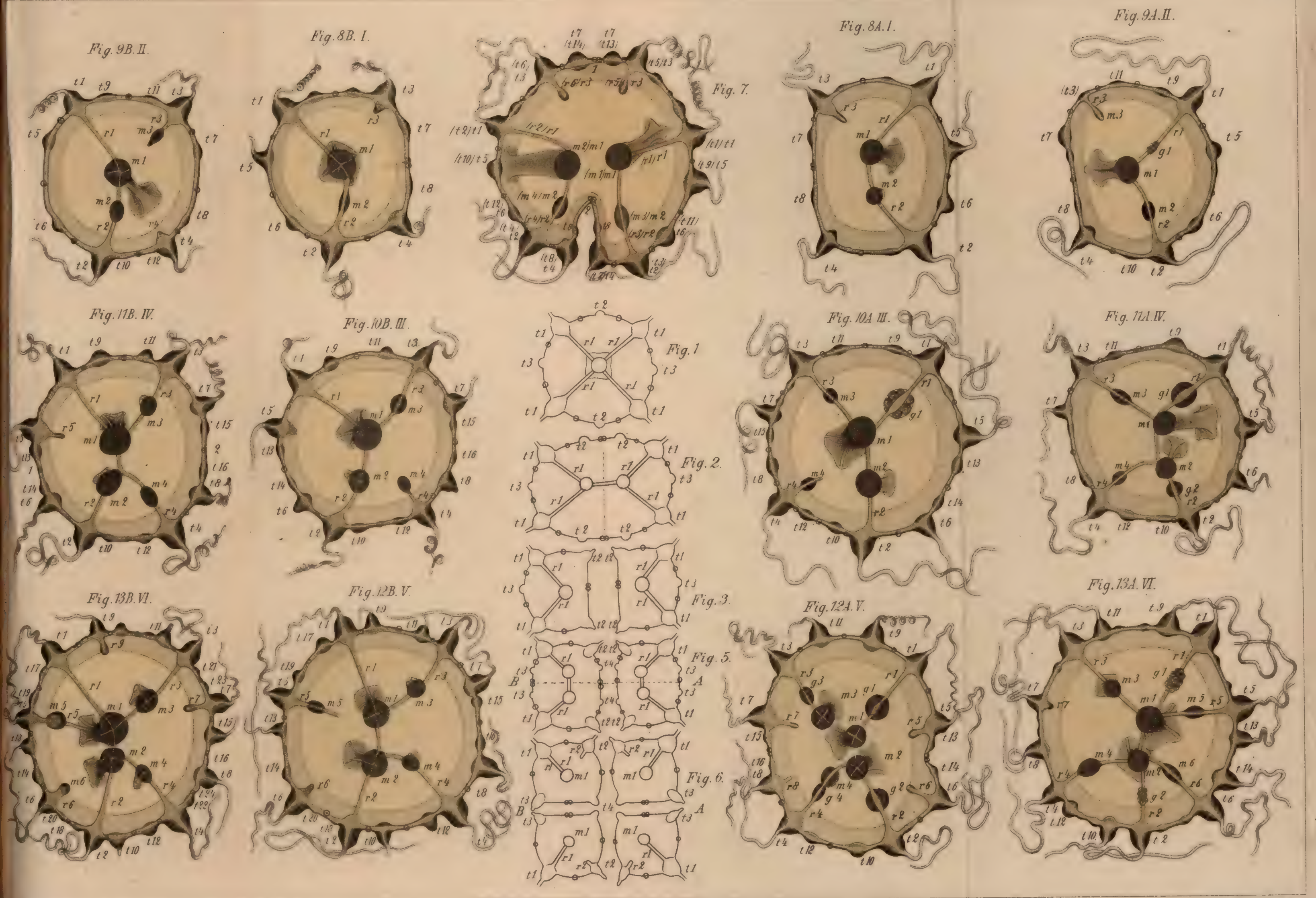


Fig. 13A. VI.





[...]ang gez. Verl. v. Gustav Fischer i. Jena Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena

Gastroblasta Raffaelei.

Eine durch eine Art unvollständiger Theilung entstehende Medusen-Kolonie

von

Dr. Arnold Lang,

Privat-Dozenten der Zoologie in Jena.

(**Hierzu Tafel XX und XXI.**)

Als ich im August und September des vergangenen Jahres in der zoologischen Station zu Neapel mit meinem früheren Kollegen, Herrn Dr. RAFFAELE, den pelagischen Auftrieb durchsuchte, wurde meine Aufmerksamkeit auf eine kleine, glashell durchsichtige, farblose Meduse gelenkt, welche damals den Hauptbestandtheil der Fauna kleiner pelagischer Thiere bildete. Wir, Dr. RAFFAELE und ich, hielten anfangs die Thierchen für absterbende Exemplare von Eucope. Als wir sie aber mit dem Mikroskop betrachteten, wurden wir sofort gewahr, dass wir es mit einer anderen, höchst sonderbaren Craspedoten-Form zu thun hatten. Fast alle Individuen besassen nämlich mehr als einen Magen und eine wechselnde Anzahl von scheinbar unregelmässig angeordneten Tentakeln und Radialkanälen. Nicht ein einziges Exemplar zeigte eine strahlige Anordnung der Organe. Ein grosses Individuum hatte 9 Magenschläuche und eine grössere Anzahl von Tentakeln und Radialkanälen, von denen die einen zu den Magenschläuchen verliefen, die andern als blind endigende Centripetalkanäle an der Subumbrella mehr oder weniger weit gegen die Mitte des Körpers vordrangen. Bei allen Exemplaren zeigten viele Radialkanäle und die meisten Centripetalkanäle auf ihrem Verlaufe Verdickungen, die wir anfangs irrthümlich für Gonadenanlagen

hielten, die sich aber später als Anlagen neuer Magenschläuche herausstellten. Viele Individuen waren elliptisch und zeigten Einbuchtungen am Körperrande, die uns bald auf die Vermuthung brachten, dass wir es mit in Theilung begriffenen Thieren zu thun hatten. Wir stellten dann gemeinschaftlich eine Reihe von Beobachtungen an den lebenden Medusen an. Seitdem habe ich im Verlaufe des Winters die Untersuchung an einem sehr reichen Material conservirter Thiere zu Ende geführt. Die Medusen waren zu der erwähnten Zeit sehr gemein. Unschwer konnte ich in wenigen Tagen Tausende von Individuen sammeln und mit einer von Herrn Lo Bianco modificirten Sublimatlösung prächtig conserviren. — Herrn Dr. Raffaele, meinem Freunde und Mitarbeiter bei Beginn der Untersuchung, spreche ich meinen herzlichsten Dank aus.

Die Schwimmbewegung unserer Medusen war sehr charakteristisch. Die Thierchen contrahirten sich mehrere Male rasch hintereinander, um dann längere Zeit bewegungslos, schön entfaltet, im Wasser zu schweben und die langen, haarfeinen Tentakel weit herabhängen zu lassen. Letztere sind im ausgestreckten Zustande 6—10 cm lang. Wurde das Wasser aufgerührt, so rollten sich die Medusen meist ein und sanken allmählich zu Boden, wie es Keller von seiner Gastroblasta timida schildert, einer Meduse, die in mancher Beziehung mit der meinigen viele Aehnlichkeit hat.

Das Thierchen, dem ich den Namen Gastroblasta Raffaelei verleihe, besitzt die vielen Magenschläuche nicht zur Zierde; es weiss davon sehr guten Gebrauch zu machen. Es ist räuberisch und sehr gefrässig. Es überfällt allerhand kleine Larven von Krebsen und Anneliden, kleine Copepoden, Ostracoden, Fischeier und Fischlarven. Frech wagt es sich an Thiere, die viel grösser sind als es selbst. Seine Magenschläuche sind sehr erweiterungsfähig, und es ist erstaunlich, ein wie grosser Bissen in ihnen Platz finden kann. Die sonst dicke Magenwand wird dann eine dünne feine Membran, welche das Opfer allseitig straff umspannt. Wenn eine Sagitta pfeilschnell durch das Wasser schiesst, so kann sie rasch durch einen oder mehrere der langen Fangfäden der Meduse erfasst werden. Diese letztere lässt sich wohl lange von dem Pfeilwurm in's Schlepptau nehmen, aber sie lässt ihn nicht los. Allmählich ermüdet die Sagitta, sie erschlafft; dann contrahiren sich die Tentakeln der Meduse und nähern dadurch letztere ihrem Opfer. Die Mundöffnung des einen Magens ist gross und weit geöffnet, Kopf

oder Schwanz der Sagitta werden bequem erfasst und in den Magen hineingezogen, während die Mundscheiben der nächstliegenden Magenschläuche sich an benachbarte Körperstellen des Opfers anlegen können. Ich sah einmal 2 Exemplare unserer Gastroblasta durch das Wasser kutschiren; wie an einem Balancirbalken sassen sie an den beiden Enden einer ziemlich grossen Sagitta.

Das grösste Exemplar (Taf. XX, Fig. 1), welches wir auffanden, jenes mit neun entwickelten Magenschläuchen, hatte einen grössten Scheibendurchmesser von 4 mm und einen kleinsten von 2,7 mm. Alle übrigen Exemplare waren bedeutend kleiner. Der Durchmesser der Scheibe betrug bei den kleinsten nicht über 0,6 mm, bei den grösseren mit höchstens 5 völlig ausgebildeten Magenschläuchen ca. 2 mm. Der Beschreibung der äussern Form und des anatomischen Baues unserer Meduse legen wir ein Stadium zu Grunde, welches wir sehr häufig beobachtet haben, nämlich dasjenige, auf dem 4 im Centrum der Scheibe miteinander verbundene Radialkanäle vorhanden sind (Taf. XXI, Fig. 11 *B*). Auf diesem Stadium vollzieht sich gewöhnlich die Theilung.

Die Scheibe ist wenig gewölbt, die Gallerte wenig entwickelt, das Velum ziemlich breit und kräftig. Der äussere Umriss der Scheibe ist nicht ganz kreisförmig, sondern etwas elliptisch verlängert, aber nur wenig. Am Rande der Scheibe finden sich Tentakeln und Tentakelknospen auf verschiedenen Stufen der Entwickelung. Wir unterscheiden zunächst 8 entwickelte, in lange Fangfäden ausgezogene Tentakeln und 10 Tentakelknospen. Zwischen den Tentakeln finden sich 10 Hörbläschen von dem Typus derer der Leptomedusen, mit je einem Otolithen. Im mittleren Bezirk der Scheibe ragen in die Subumbrellarhöhle hinein 3 Magenschläuche, 1 grosser, 1 mittlerer und 1 kleiner mit eben durchgebrochener Mundöffnung. Ausserdem findet sich an einem der vier Radialkanäle eine Verdickung, die Anlage eines vierten Magens. Der grosse und der mittlere Magen sind miteinander durch einen Kanal verbunden, welcher in der Richtung des grössten Durchmessers der Scheibe verläuft. Kein Magen liegt ganz central, am meisten in der Mitte befindet sich der grösste Magen, dann kommt der mittlere, dann der kleinste. Am meisten peripherisch liegt die Magenanlage. Der kleinste Magen mit Mundöffnung ist mit dem grössten, die Magenanlage (m_4) mit dem mittleren Magen durch einen Kanal verbunden. Von jedem der 4 Mägen verläuft ein Radialkanal

an den Rand und mündet hier an der Basis eines grossen Tentakels in den wohlentwickelten Ringkanal ein.

Die Orientirung der Meduse ist schwer. Die centralen sowohl als die Randgebilde scheinen unregelmässig, gesetzlos, angeordnet zu sein. Die genaue Verfolgung der Metamorphose zeigt indessen — wie wir nacher sehen werden —, dass dem nicht so ist. Will man die Gesetzmässigkeit erkennen, so muss man die verschiedenen Stadien selbstverständlich immer von derselben Seite orientiren, entweder alle von der Exumbrellarseite, oder alle von der Subumbrellarseite. Die Abbildungen sind durchgängig von der Exumbrellarseite angefertigt. Eine zweite Handhabe zur Orientirung bieten die Magenschläuche. Legen wir die Medusen so nebeneinander, dass der Verbindungskanal zwischen dem grössten und zweitgrössten Magen bei allen Stadien oder Individuen parallel liegt, und dass der grösste Magen immer auf einer Seite (in den Abbildungen nach oben), der zweitgrösste immer auf der entgegengesetzten (nach unten) liegt. In dem Falle, den wir jetzt speciell betrachten, liegen dann von den 4 Mägen die zwei grössten links, die zwei kleinen rechts an der Scheibe.

Kehren wir zu den Tentakeln zurück. Schon bei oberflächlicher Betrachtung sieht man, dass unter den 8 entwickelten, in Fäden ausgezogenen Tentakeln 4 grösser und länger sind als die 4 anderen. Die grössern 4 entsprechen den 4 Radialkanälen; sie sind perradial. Aber auch diese 4 Tentakeln sind, wie später die Entwickelungsgeschichte zeigen wird, nicht gleich, sondern alle verschieden gross. Derjenige, welcher dem zum grössten Magen verlaufenden Radialkanal entspricht, ist der grösste (t_1), der von welchem ein Radialkanal zum zweitgrössten Magen geht (t_2), der zweitgrösste, und so fort. — Ich muss aber gleich bemerken, dass diese Grössenunterschiede sich mit zunehmendem Alter mehr und mehr verwischen, ja dass häufig ein ursprünglich kleinerer Tentakel anormaler Weise stärker wachsen und grösser werden kann als ein ursprünglich grösserer. Ich bezeichne deshalb die einzelnen Tentakeln nach dem Alter, nicht nach der Grösse, eine durch die Entwickelungsgeschichte absolut gerechtfertigte Bezeichnungsweise. Auch die Magenschläuche und Magenanlagen und die Radialkanäle sind nicht nur verschieden gross resp. verschieden lang, sondern auch verschieden alt. Das relative Alter aller dieser verschiedenen Gebilde will ich der Einfachheit halber durch aufeinanderfolgende Zahlen ausdrücken,

mit 1 den ältesten Tentakel, Magen und Radialkanal, mit 2 den zweitältesten u. s. w.

Es ist nun für das Verständniss der später zu beschreibenden Vorgänge absolut nöthig, die Lage der verschiedenen Randgebilde und ihr Alter zu bestimmen. Betrachten wir das uns zunächst beschäftigende, durch Fig. 11 *B* veranschaulichte Stadium. Da fällt uns zunächst auf, dass die 4 ältesten Tentakel t_1, t_2, t_3 und t_4 nicht genau radiär, d. h. nicht genau in den Ecken eines Quadrates, liegen. Die beiden ältesten Tentakel liegen links, die beiden zweitältesten rechts am Rande der Meduse. Alle 4 stehen in verschieden grossem Abstande von einander. Dieser ist am grössten zwischen t_1 und t_2, am zweitgrössten zwischen t_3 und t_4 (entsprechend dem grössten Durchmesser der Scheibe), viel geringer zwischen t_1 und t_3 und t_2 und t_4 (entsprechend dem kleinsten Durchmesser der Meduse). *Der Schirmrand wird durch die 4 ältesten Tentakel in 4 ungleich grosse Quadranten eingetheilt.*

Betrachten wir nun die 4 zweitältesten Tentakeln, t_5, t_6, t_7, t_8, welche auch schon in lange Fangfäden ausgezogen und unter sich selbst ebenfalls verschieden alt sind, so sehen wir, dass je 2 derselben adradial an den beiden grössten Quadranten des Scheibenrandes inserirt sind, die beiden ältesten t_5 und t_6 am grössten, die beiden jüngern t_6 und t_7 am zweitgrössten, und zwar liegt der älteste secundäre Tentakel t_5 dem ältesten primären t_1, der zweitälteste secundäre t_6 dem zweitältesten primären t_2 am nächsten u. s. w.

Unter den *Tentakelknospen* (welche noch nicht in Fangfäden ausgezogen sind) zeichnen sich 4 durch besondere Grösse aus; auch sie sind unter sich verschieden alt: t_9, t_{10}, t_{11}, t_{12}. Sie liegen adradial an den beiden kleinen Quadranten des Scheibenrandes, und zwar so, dass der älteste von ihnen t_9 dem ältesten Tentakel erster Ordnung t_1, der zweitälteste t_{10} dem zweitältesten Tentakel erster Ordnung t_2 am nächsten liegt. So kommt es, dass die ältere Tentakelanlage im kleinsten Quadranten (t_{10}) älter ist als die jüngere Tentakelanlage im zweitkleinsten Quadranten (t_9), was der Anordnung der an den beiden grösseren Quadranten liegenden Tentakeln zweiter Ordnung nicht entspricht.

Es existiren nun noch 4 weitere kleinere und jüngere Tentakelknospen, t_{13}, t_{14}, t_{15}, t_{16}. Diese liegen adradial zwischen je zwei Tentakeln zweiter Ordnung t_5—t_6 und t_7—t_8. Auch sie sind genau ihrem Alter nach so angeordnet, dass t_{13} neben t_5, t_{14} neben t_6, t_{15} neben t_7, und t_{16} neben t_8 inserirt sind.

Betrachten wir die Figur, so sehen wir, dass alle ungeraden Zahlen in ihrer obern Hälfte, alle geraden in der untern Hälfte liegen. Theilen wir die Meduse durch einen Schnitt, welcher rechtwinkelig zur Längsaxe derselben — somit rechtwinkelig durch den Verbindungskanal zwischen Magen 1 und Magen 2 — geht, in zwei Hälften, so sind alle Organe der einen (obern) Hälfte um einen Intervall älter als die entsprechenden der andern (untern) Hälfte.

Die Randbläschen. Dieselben liegen alle interradial in der Mitte zwischen 2 Tentakeln. Wir werden später versuchen, diese eigenthümliche Erscheinung, wie die adradiale Lage der Tentakelknospen zu erklären. — Zunächst findet sich je ein Randbläschen in der Mitte eines jeden Quadranten des Schirmrandes; dann existirt je ein Randbläschen zwischen je einem Tentakel erster Ordnung t_1—t_4 und dem benachbarten Tentakel zweiter Ordnung t_5—t_8, und drittens je ein Randbläschen zwischen den beiden ältesten Tentakeln erster Ordnung t_1 und t_2 und den beiden ältesten Tentakeln dritter Ordnung t_9 und t_{10} (Tentakelknospen). Die Randbläschen zwischen den beiden jüngern Tentakeln erster Ordnung t_3 und t_4 und den beiden jüngern dritter Ordnung t_{11} und t_{12} sind noch nicht entwickelt. Es sind also im ganzen 10 Randbläschen vorhanden. Auch diese sind alle verschieden alt, je nach dem Alter der Tentakel erster, zweiter und dritter Ordnung, zwischen denen sie liegen. Doch entstehen sie bedeutend später als die Tentakeln. Wenn 16 Tentakel oder Tentakelknospen vorhanden sind, existiren nur 8 oder höchstens 10 Randbläschen.

Wir haben gesehen, dass 4 Radialkanäle vorhanden sind, welche von den vier ältesten Tentakeln t_1—t_4 zu den 4 Mägen m_1—m_4 verlaufen. Auch diese 4 Radialkanäle sind, wie die Entwickelungsgeschichte lehrt, ungleich alt. Der, welcher vom ältesten Tentakel zum ältesten Magen verläuft (r_1), ist der älteste u. s. w. Es finden sich nun in unserer Meduse Anlagen weiterer Radialkanäle, welche als Centripetalkanäle vom Ringgefäss entspringen. Genau der Reihenfolge im Alter der Tentakeln entsprechend entsteht der fünfte Radialkanal (r_5) als Centripetalgefäss von der Basis des fünftältesten Tentakels aus. Die Anlagen eines sechsten, siebenten und achten Radialgefässes lassen sich nur als kleine Ausbuchtungen des Ringgefässes an der Basis des sechsten, siebenten und achten Tentakels erkennen. Wir werden später sehen, dass die neuen Radialgefässe im Centrum

der Scheibe sich in einer ganz bestimmten Weise mit den alten verbinden, und dass an jedem derselben genau nach der Reihenfolge des Alters ein neuer Magen sich bildet.

Noch einige Bemerkungen über den Bau der Tentakeln und Magenschläuche.

Die Tentakeln sind hohl, an ihrer Basis stark verdickt. Diese Verdickung betrifft sowohl das Ectoderm wie das Entoderm. Die innere Höhlung ist gewöhnlich nur in dem verdickten Basaltheil deutlich zu erkennen. Die Nesselkapseln kommen in der ganzen Länge der Tentakelfäden, zu mehr oder weniger deutlichen Ringen angeordnet, vor, sind aber besonders zahlreich am verdickten Basaltheil. Die neuen Tentakeln legen sich an als Ausbuchtungen des Ringgefässes, in denen sich das Entoderm verdickt und über welchen das ebenfalls verdickte Ectoderm des Scheibenrandes sich hervorwölbt. Es bildet sich gleichsam zuerst die verdickte Basis des Tentakels, und diese zieht sich dann nachher in den langen, dünnen Tentakelfaden aus. Im Bau der Tentakel stimmt unsere Meduse mit Eucope und Phialidium überein.

Die Magenschläuche sind ungestielt, schlauchförmig, sehr erweiterungsfähig. Jeder Magen ist in eine grosse viereckige, bisweilen vierzipfelige Mundscheibe ausgezogen, welche sehr contractil ist, sich fest anheften oder verengern oder kragenartig auf den Magen zurückstülpen kann. Die Wand des Magens ist sehr dick, die der Mundscheibe sehr dünn. Die Verdickung der Magenwand betrifft das Entoderm, ist aber nicht gleichförmig. Letzteres bildet vielmehr in jedem Magen vier Längswülste, so dass das Lumen des Magens auf einem Querschnitte ein kreuzförmiger Spalt ist (Taf. XX, Fig. 3).

Die vier Aeste des Kreuzes entsprechen der Lage nach den vier Ecken oder Zipfeln der Mundscheibe. Am Grunde des Magens erhebt sich auf der Subumbrella ein Entodermhügel, welcher in die Magenhöhle hineinragt. — Die constante Vierzahl der Magenzipfel und Magenwülste ist das einzige anatomische Merkmal, welches auf einen ursprünglichen vierstrahligen Bau der Medusen hinweist. — Die neuen Magenschläuche entstehen als in die Subumbrellarhöhle hineinragende Ausbuchtungen der Radialkanäle (Taf. XX Fig. 4. 5). Bei oberflächlicher Betrachtung könnten sie leicht mit Gonadenanlagen verwechselt werden; aber bei ihnen verdickt sich ausschliesslich das Entoderm, während bei den Gonadenanlagen sich sehr frühzeitig im verdickten Ectoderm die Geschlechtsprodukte erkennen lassen, besonders deutlich bei den Ovarien. Nachdem

die Magenanlage schon zu einem ansehnlichen Schlauche herangewachsen ist, bricht die Mundöffnung durch (Fig. 6). Erst nachher zieht sich der Mundrand zur Bildung der Mundscheibe aus. (Fig. 7. 8).

Das Entoderm birgt bei vielen Exemplaren schwarze oder dunkelbraune Körnchen, die besonders zahlreich in den verdickten Theilen desselben — an der Tentakelbasis und in den Magenwülsten — angehäuft sind.

Die im Kanalsystem circulirende Flüssigkeit enthält meist Körperchen suspendirt, welche in den Ausbuchtungen des Ringgefässes und der Radialgefässe (Tentakel- und Magenanlagen) besonders reichlich zusammenströmen.

Theilung.

Auf dem soeben eingehend beschriebenen Stadium tritt in sehr vielen Fällen — wir werden später sehen, dass dies nicht immer geschieht — die Fortpflanzung durch Theilung ein. Diese wird zunächst eingeleitet durch die Verdoppelung der beiden ältesten Randbläschen (Fig. 1. u. 2). Gewöhnlich verdoppelt sich das eine viel früher als das andere. Dann wird das die beiden ältesten Mägen m_1 und m_2 verbindende Gefäss resorbirt (Fig. 6), so dass eine Verbindung des Kanalsystems der einen (in der Figur obern) Hälfte mit der andern (untern) nun nur noch durch das Ringgefäss hergestellt wird. Sodann tritt am Scheibenrande, an der Stelle, wo das doppelte Randbläschen 2 liegt, eine Einbuchtung auf, welche immer tiefer einschneidet (Fig. 7) und schliesslich mit einer ähnlichen, aber viel kleinern und später auftretenden, vom entgegengesetzten Scheibenrande (1) ausgehenden zusammenstösst. Ist dies geschehen, so hat sich die Meduse in 2 Hälften getheilt.

So ist der Vorgang, wie er sich nach dem Vergleich sehr zahlreicher Theilungsstadien, die mir vorliegen, vollzieht. Am lebenden Thiere habe ich die Theilung nicht verfolgt.

Eigenthümlich ist zunächst, dass die Einschnitte, welche zur Theilung führen, ungleich gross sind und nacheinander auftreten, im Gegensatze zu den von Kölliker und Davidoff beobachteten Fällen. Diese Autoren beobachteten aber die Theilung an radiären Medusen, nicht aber an solchen scheinbar unregelmässigen, wie sie mir vorliegen. In unserem Falle ist die Erklärung der Unregelmässigkeit der Erscheinung nicht so schwer, wenn

wir ein weiteres Resultat unserer Untersuchung vorgreifend anführen, nämlich das, dass die Medusen, an denen wir die Theilung beobachtet, selbst wieder ursprüngliche Theilstücke einer Meduse sind. Die Theilung geht von dem Rande aus, wo das zweitälteste Randbläschen (2) liegt. Dieser Rand entspricht dem früheren Theilungsrande, während der entgegengesetzte Rand noch ein Stück des Scheibenrandes der ursprünglichen Meduse repräsentirt.

Die in Fig. 7 abgebildete, in Theilung begriffene Meduse schliesst sich unmittelbar an das oben beschriebene Stadium (Fig. 11 *B*) an. Abgesehen von den Theilungserscheinungen unterscheidet sie sich von ihm nur dadurch, dass die neuen Radialkanäle *r*5 und *r*6 etwas weiter entwickelt sind. Um sich von der Uebereinstimmung zu überzeugen, muss man nur die Figur 11 *B* nach rechts um einen rechten Winkel drehen. Den Bezeichnungen der einzelnen Organe in Fig. 11 *B* entsprechen die in Klammern gesetzten Bezeichnungen der Figur 7.

Die Theilungsebene steht rechtwinkelig auf dem Verbindungsgefäss zwischen dem ältesten und zweitältesten Magen, rechtwinkelig auf dem längsten Scheibendurchmesser. Sie theilt die Meduse in 2 Hälften, von denen die eine (Fig. 11 *B*: oben, Fig. 7: rechts) die mit ungeraden Ziffern bezeichneten Organe, die andere (Fig. 11 *B*: unten, Fig. 7: links) die mit geraden Zahlen bezeichneten enthält, was so viel sagen will, als dass die Organe in dem einen Theilstück der Meduse ihrer Zahl, ihrer Anordnung und der Reihenfolge ihres Alters nach genau denen des andern Theilstückes entsprechen, aber um ein Intervall älter resp. jünger sind als die ihnen entsprechenden des andern Theilstücks.

Diese Thatsache wird sofort einleuchtend, wenn man Fig. 7 und Fig. 8 *A* und *B*, einerseits die Muttermeduse und anderseits die Theilstücke betrachtet. Aus dem Gesagten geht aber mit Nothwendigkeit hervor, dass in jedem Theilstück nicht nur die gleiche Anordnung der Organe, sondern auch eine ganz ähnliche Reihenfolge im Alter derselben herrscht wie beim Mutterthiere. Nur die Zahl der Organe ist eine verschiedene; die Theilstücke haben nur die Hälfte der Organe der Mutter, die andere Hälfte wird erst später durch Knospung an den betreffenden Stellen ergänzt. Eine einfache Formel erläutert das Verhältniss der Theilstücke zu einander und zum Mutterthier.

Tochterthier A		t_1	t_2	t_3	t_4		m_1	m_2	m_3		
	Hälfte A (wird zu)	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮		
Mutterthier		t_1	t_3	t_5	t_7	u. s. w.	m_1	m_3	m_5	u. s. w.	
		t_2	t_4	t_6	t_8		m_2	m_4	m_6	u. s. w.	
	Hälfte B (wird zu)	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮		
Tochterthier B		t_1	t_2	t_3	t_4		m_1	m_2	m_3		

Bezeichnen wir das rechte Theilstück (Fig. 8 A) mit A, das linke (Fig. 8 B) mit B: aus dem ältesten Tentakel t_1 des Mutterthieres wird der älteste Tentakel des Theilstückes A,
aus dem zweitältesten der älteste Tentakel des Theilstückes B,
aus dem drittältesten der zweitälteste „ des „ A,
aus dem viertältesten der zweitälteste „ des „ B,
aus dem fünftältesten der drittälteste „ des „ A
u. s. w.

Das Gleiche gilt von den Magenschläuchen, Randbläschen, Radialkanälen. — Die Theilstücke zeichnen sich durch ihre mehr oder weniger halbkreisförmige Gestalt aus. Die gerade Seite entspricht der ursprünglichen Theilungslinie. In ihrer Mitte befinden sich anfangs 2 Hörbläschen, die bald mit einander verschmelzen. Ihr Ursprung aus je 2 gegenüberliegenden Hörbläschen 1 und 2 liegt auf der Hand. Die beiden Theilstücke sind einander — abgesehen davon, dass ihre entsprechenden Organe nicht ganz gleich alt sind — nur spiegelbildlich gleich. Es lässt sich von jedem Stücke mit Sicherheit sagen, welcher Hälfte des Mutterthieres es entspricht. Wenn man eine Reihe solcher Theilungsstücke so neben einander legt, wie früher angegeben, so liegen bei den einen (entsprechend dem Theilstück A) die beiden ältesten Tentakel und die beiden Radialkanäle rechts, bei den andern (entsprechend dem Theilstück B) links.

Jedes Theilstück hat 2 Mägen, einen ältern und einen jüngern (letzterer ist oft noch ohne Mund), 2 Radialkanäle, welche von den beiden ältesten Tentakeln zu den beiden Mägen verlaufen und einen (in der Figur senkrecht stehenden) Verbindungskanal zwischen den beiden Mägen bilden. Aus dem Verbindungsgefäss zwischen m_1 und m_3 resp. m_2 und m_4 des Mutterthieres (Fig. 7) wird das Verbindungsgefäss zwischen m_1 und m_2 der Tochterthiere, d. h. es wird in jedem Tochterthiere auch in dieser Beziehung wieder das Verhalten des Mutterthieres herbeigeführt.

In jedem Theilstücke existiren 4 grosse, in Fangfäden ausgezogene Tentakel (die Hälfte derer des Mutterthieres), ferner 4 grosse

Tentakelknospen (von denen auch schon einzelne in Fäden sich auszuziehen beginnen) und 4 ganz junge Tentakelknospen. Ihre Anordnung ist genau dieselbe wie die der entsprechenden Organe am Mutterthiere. Die beste Erläuterung liefern die Abbildungen.

Die Metamorphose der durch Theilung entstandenen Tochterthiere.

Nachdem die Meduse sich getheilt hat, fängt jedes Theilstück an sich abzurunden, zu wachsen und allmählich durch Knospung die Zahl seiner Organe zu derjenigen des Mutterthieres zu ergänzen. Dies geschieht in ganz bestimmter, gesetzmässiger Weise. Es giebt natürlich 2 Serien von Entwickelungsstadien, die einander nur spiegelbildlich gleich sind; die eine nimmt von dem linken Theilstück *B*, die andere von dem rechten Theilstück *A* ihren Ursprung. Es genügt vollständig, die eine, z. B. die linke (Fig. 8 *B* — Fig. 13 *B*, Taf. XXI) zu verfolgen.

Ich theile die Serie in aufeinanderfolgende Stadien ein, die natürlich willkürlich gewählt sind:

Das Ausgangsstadium I (Fig. 8 *B*) ist uns schon bekannt, es ist das linke Theilstück der sich theilenden Meduse (Fig. 7).

Beim Stadium II (Fig. 9 *B*) ist der vom drittältesten Tentakel t^3 ausgehende Centripetalkanal r_3 weiter gegen das Innere der Scheibe vorgedrungen; an ihm ist schon die Anlage eines neuen, dritten Magens (m_3) aufgetreten. An der Basis des viertältesten Tentakels t_4 ist aus dem Ringkanal die Anlage eines neuen Radialkanals $r4$ hervorgewachsen. Zwischen t_7 und t_3 und zwischen t_4 und t_8 hat sich je ein Randbläschen ausgebildet. Zwischen t_1 und t_3 und zwischen t_2 und t_4, d. h. an den beiden kleinsten neuen Quadranten des Scheibenrandes, sind je zwei neue adradiale Tentakelknospen jetzt deutlich zu unterscheiden t_9, t_{10}, t_{11}, t_{12}.

Stadium III (Fig. 10 *B*). Der dritte Radialkanal r_3 hat den ältesten Magen m_1 erreicht. Der vierte Radialkanal ist weiter centripetal vorgedrungen. An ihm hat sich die Anlage eines neuen Magens m_2 gebildet. An den 4 Tentakelanlagen t_5, t_6, t_7, t_8 entwickeln sich die Fangfäden.

Stadium IV (Fig. 11 *B*). Der vierte Radialkanal r_4 hat den zweitältesten Magen m_2 erreicht. Am Magen m_3 ist die Mundöffnung durchgebrochen. An der Basis von t_5 zeigt sich die Anlage eines neuen Radialkanals r_5. Die Tentakeln haben sich in der Reihenfolge ihres Alters weiter ausgebildet. Zwischen t_1

und t_9 und zwischen t_2 und t_{10} ist je ein Randbläschen aufgetreten.

Jetzt ist das Theilstück durch Wachsthum und Knospung wieder zu einem dem Mutterthier vollständig ähnlichen Thiere geworden. Das Stadium IV ist dasselbe, welches wir zum Ausgangspunkt unserer Schilderung gewählt haben. Nachdem wir jetzt seine Entwickelung verfolgt haben, müssen wir die anfangs angeführte Altersbestimmung der verschiedenen Organe als richtig anerkennen. m_1 war auf Stadium I schon ein grosser, in eine Mundscheibe ausgezogener Magen, während m_2 auffallend viel kleiner war, auf dem Stadium II trat sodann die Anlage von m_3 und auf dem Stadium III die Anlage von m_4 auf, auf dem Stadium IV endlich legte sich der fünfte Radialkanal an. Dieselbe Reihenfolge lässt sich für die übrigen Organe constatiren.

Was geschieht nun mit unserem Stadium IV? — Entweder es schickt sich an, sich wieder durch Zweitheilung zu vermehren, — oder es wächst und entwickelt sich unter Auftreten neuer gesetzmässiger Knospungserscheinungen weiter.

Wenn es sich theilt, so treten wieder ganz dieselben Erscheinungen auf, die wir schon ausführlich geschildert haben, und aus jedem Theilstücke geht sodann wieder in genau derselben gesetzmässigen Weise durch Wachsthum und Knospung ein der Mutter ähnliches Thier hervor. Hervorzuheben ist, dass die Theilungsebene des Mutterthieres auf der Theilungsebene des Tochterthieres senkrecht steht. Es finden wiederholt rechtwinkelig zu einander vor sich gehende Theilungen statt.

Verfolgen wir nun aber die Entwickelung der Meduse in dem Falle, dass sie sich nicht theilt.

Stadium V (Fig. 12 *B*). Der fünfte Radialkanal r_5 ist weiter gegen die Mitte der Scheibe zu vorgedrungen, er ist an einer Stelle verdickt: Anlage eines fünften Magens m_5. Gegenüber dem sechstältesten Tentakel t_6 zeigt sich schon ein neuer Centripetalkanal, die Anlage eines sechsten Radialkanals r_6. Beim viertältesten Magen m_4 ist die Mundöffnung durchgebrochen. Ausser den acht ältesten Tentakeln sind schon einige andere fadenförmig ausgezogen, nämlich t_9, t_{10}, t_{11} und t_{13}. Der jüngere Tentakel t_{13} hat also anormaler Weise den ältern t_{12} etwas überflügelt; solche Unregelmässigkeiten kommen, hauptsächlich in den spätern Stadien, nicht selten vor. Vier neue Tentakelanlagen sind

aufgetreten, und zwar auch wieder adradial zwischen Tentakel 1 und 5 und Tentakel 6 und 2. Diese 4 neuen Tentakel sind auch wieder ungleich alt; zuerst tritt t_{17} neben t_1 auf, dann t_{18} neben t_2, t_{19} neben t_5, und t_{20} neben t_6; also genau in der Reihenfolge des Alters der Tentakeln zwischen denen sie entstehen, und an dem grössten Quadranten des Schirmrandes. Auch die Zahl der Randbläschen hat sich vermehrt.

Stadium VI (Fig. 13 *B*). Der fünfte Radialkanal r_5 hat den ältesten Magen m_1 erreicht; die fünfte Magenanlage, die sich in seinem Verlaufe befindet, hat sich bedeutend weiter entwickelt. Am sechsten Radialkanal (Centripetalkanal) zeigt sich als Verdickung die Anlage des sechsten Magens. Auch an der Basis der Tentakeln t_7 und t_9 zeigen sich die Anlagen neuer Radialkanäle r_7 und r_9. Es haben sich mehrere neue Tentakelanlagen gebildet, zunächst 4 an dem zweitgrössten Quadranten zwischen Tentakel 3 und 7 und zwischen Tentakel 8 und 4, nämlich t_{21} neben t_3, t_{22} neben t_4, t_{23} neben t_7, und t_{24} neben t_8. Auch am drittgrössten Quadranten zeigen sich 4 neue Tentakelanlagen, zunächst 2 zwischen den Tentakeln t_9 und t_{11} und 2 zwischen t_1 und t_9. Die Zahl der Randbläschen hat sich auf 16 vermehrt; ihre Anordnung erläutert die Abbildung.

Wie nun vom Stadium VI an die Knospungserscheinungen sich weiter abspielen, habe ich nicht im Einzelnen verfolgen können, da die spätern Stadien ausserordentlich selten sind. Doch ist der Rhythmus der Knospung einigermassen angedeutet durch die sich zwischen Stadium I und VI abspielenden Vorgänge. Die 4 ursprünglichen Quadranten halten ungleichen Schritt, die 2 grössern Quadranten wachsen rascher und an ihnen entstehen früher neue Tentakeln und Radialkanäle als an den 2 kleinern; in Folge dessen nimmt die Meduse immer deutlicher eine elliptisch verlängerte Gestalt an. Vom Ringkanal aus entstehen immer neue Centripetalkanäle in der Reihenfolge des Alters der Tentakeln, von deren Basis sie ausgehen. An jedem Centripetalkanal bildet sich ebenfalls nach der Reihenfolge des Alters eine neue Magenanlage. Jeder Centripetalkanal wird schliesslich, indem er sich mit einem der ältern Magenschläuche verbindet, zu einem Radialkanal. An der Basis eines jeden Tentakels entsteht mit der Zeit vom Ringgefäss aus ein Centripetalkanal, und je zwischen 2 benachbarten Tentakeln in der Mitte bildet sich später ein Randbläschen.

Leider habe ich trotz eifrigen Suchens, in welchem ich von Herrn Dr. Raffaele unterstützt wurde, nur die einzige in Fig. 1 Taf. X

abgebildete, viel weiter entwickelte Meduse aufgefunden. Dieselbe besass 26 vollständig entwickelte Tentakeln, dazwischen ca. 17 Tentakelanlagen, 20 Radial- und Centripetalkanäle, 9 vollständig entwickelte, mit Mundscheibe versehene Magenschläuche und 7 Magenanlagen. Mit Ausnahme der 4 noch sehr jungen Centripetalkanäle besitzt jeder Radialkanal seinen Magen oder eine Magenanlage. Nur an einer Stelle (rechts unten in der Figur) zeigt sich eine Abweichung. Die 9 Magenschläuche sind nicht alle miteinander verbunden; es existiren 4 Unterbrechungen, die wahrscheinlich erst secundär entstanden sind. Das relative Alter der verschiedenen Mägen, Tentakeln und Radialkanäle dieser Meduse zu bestimmen, dürfte sehr schwer, ja unmöglich sein, solange nicht jüngere Zwischenstadien aufgefunden sind. Ich muss hervorheben, dass bei diesem grössten Exemplar noch keine Spur von Geschlechtsorganen aufzufinden ist.

Gonaden.

In den ersten Tagen, als ich die Medusen untersuchte, vermuthete ich, dass die Verdickungen an den Radialkanälen Gonaden seien. Jedoch fiel mir bald der Umstand auf, dass sich in diesen Verdickungen oder Bläschen nie Eier- oder Samenelemente erkennen liessen. Bei genauerer Untersuchung und durch Vergleichung der verschiedenen Stadien erkannte ich dann, dass ich es nicht mit Gonaden, sondern mit Magenanlagen zu thun hatte. Erst später, als ich das reiche conservirte Material untersuchte, fand ich gegen 40 Exemplare zum Theil mit männlichen und zum Theil mit weiblichen Gonaden. Durch Vergleichung aller dieser Exemplare stellte sich bald heraus, dass dieselben genau so zu 2 Serien von Stadien gehören, wie die Exemplare ohne Gonaden. Wie sich an die 2 Theilstücke *A* und *B* der Muttermeduse (Fig. 7) zwei einander spiegelbildlich gleiche Serien von Stadien ohne Gonaden anschliessen, so reihen sich an dieselbe 2 Reihen von Stadien mit Gonaden an. — Wie ich auf der linken Seite der Tafel XXI eine linke Serie von Stadien ohne Gonaden abgebildet habe, so auf der rechten Seite eine rechte Serie von Stadien mit Gonaden. Es ist selbstverständlich, dass es Serien von Stadien mit männlichen und solche mit weiblichen Gonaden giebt.

Die Thatsache selbst, dass es Parallelserien von Stadien mit und ohne Gonaden giebt, zeigt, dass unsere Medusen auf sehr verschiedenen Stadien der Entwickelung geschlechtsreif werden, was

ja vornehmlich durch HAECKEL von sehr vielen Medusen bekannt geworden ist. Zeigte doch die älteste und grösste Meduse unserer Art, welche wir aufgefunden haben, jene mit 9 Magenschläuchen, noch keine Spur von Gonaden. Die Figur 9 *A* stellt eine Meduse dar, welche dem Stadium II Reihe *B* spiegelbildlich so ziemlich ähnlich ist. Die Aehnlichkeit wird nur dadurch gestört, dass bei dieser Meduse der drittälteste Tentakel t_3 abgefallen ist, und ferner, was allein wichtig ist, dadurch, dass an dem ältesten Radialkanal r_1 auf seinem Verlaufe vom ältesten Tentakel t_1 zu dem ältesten Magen m_1 eine Verdickung (g_1) vorhanden ist.

Nun haben wir doch vorher nachgewiesen, dass zu jedem Radialkanal ein Magen gehört und dass ein centraler Magen gar nicht vorhanden ist. Diese Thatsache scheint nun auf einmal in Frage gestellt! Bei dem Stadium II (der Serie *A*) scheint der älteste Magen m_1 ein centraler zu sein, zu ihm begeben sich 2 Radialkanäle, jeder mit einer Verdickung. Bei genauerer Betrachtung klärt sich aber eben die Sache auf. Die Verdickung des Radialkanals r_2, welcher vom zweitältesten Tentakel t_2 ausgeht, ist die Anlage des zweiten Magens (m_2), während die Verdickung (g_1) am ältesten Radialkanal r_1 die Anlage einer weiblichen Gonade ist, wie die genauere microscopische Untersuchung zeigt.

Unser Stadium entspricht vollständig dem Stadium 2 ohne Gonaden, mit dem Unterschied, dass bei ihm allerdings bis jetzt nur eine einzige Gonade, also die älteste mit Bezug auf die später entstehenden, angelegt ist, und zwar am ältesten Radialkanal r_1, welcher vom ältesten Tentakel t_1 zum ältesten Magen m_1 verläuft.

Stadium III der Reihe *A* (Fig. 10 *A*) ist so ziemlich spiegelbildlich gleich dem Stadium III der Reihe *B*, mit dem Unterschied, dass bei ihm zwar auch nur eine, aber völlig reife weibliche Gonade entwickelt ist, welche ebenfalls wieder am ältesten Radialkanal liegt.

Bei dem Stadium IV der Reihe *A* (Fig. 11 *A*) dem etwas jüngern Spiegelbild des Stadiums IV der Reihe *B* sind 2 männliche Gonaden entwickelt. Sie sind ungleich gross, die grössere reife Gonade g_1 liegt am ältesten Radialkanal r_1, die kleinere g_2 am zweitältesten. Es liegt auf der Hand, dass die erstere die ältere, die letztere die jüngere Gonade ist, und wir erkennen nun schon deutlich für die Entstehung der Gonaden dasselbe Gesetz, welches wir für die Entstehung der Tentakeln, Radialkanäle, Magenschläuche u. s. w. nachgewiesen haben. Wenn sich bei

unserer Meduse früher oder später Gonaden entwickeln, so entstehen sie nacheinander nach der Reihenfolge des Alters der Radialkanäle, Tentakeln und Magenschläuche; die erste und älteste Gonade g_1 entsteht am ältesten Radialkanal r_1, welcher zwischen dem ältesten Magen m_1 und dem ältesten Tentakel t_1 verläuft; die zweitälteste g_2 am zweitältesten Radialkanal r_2 u. s. w.

Stadium V (Fig. 12 *A*) ein wenig älter als Stadium IV der Serie *B*. Es haben sich 4 männliche Gonaden entwickelt; sie sind verschieden stark ausgebildet, d. h. verschieden alt, die älteste (g_1) am ältesten Radialkanal r_1, die zweitälteste g_2 am zweitältesten Radialkanal r_2 u. s. w.

Bei dem Exemplare, welches wir zur bildlichen Darstellung des Stadiums 5 der Serie *A* benutzt haben, beobachten wir, dass sich die Randbläschen 2 und 1 verdoppelt haben, dass sich bei Randbläschen 1 der Schirmrand einbuchtet, dass der Verbindungskanal zwischen Magen 1 und 2 verschwunden ist, das heisst, das Exemplar schickt sich zur Theilung an. Auch bei denjenigen Individuen welche Gonaden entwickelt haben, kann Fortpflanzung durch Theilung eintreten, und zwar vollzieht sich diese genau wie bei den gonadenlosen Medusen, auf dem Stadium, auf welchem 4 complete Radialkanäle mit 4 Mägen vorhanden sind, setzen wir noch hinzu — nicht früher, und auch nicht mehr später. Wir haben in der That nur auf diesem Stadium Theilungserscheinungen beobachtet.

Nun kann der Fall eintreten, dass bei einer sich zur Theilung anschickenden Meduse mit 4 Radialkanälen und 4 Mägen nur eine Gonade entwickelt ist, und zwar am ältesten Radialkanal. Dann besitzt natürlich nur das eine Theilstück eine Gonade.

Stadium VI (Fig. 13 *A*). Dieses ist ungefähr das Spiegelbild des Stadium VI der Reihe *B*, doch ist es etwas älter; denn der Radialkanal r_6 hat schon den zweitältesten Magen erreicht. Bei dem abgebildeten Exemplar sind nur 2 weibliche Gonaden vorhanden, die grössere ältere am ältesten Radialkanal r_1, die jüngere kleinere am zweitältesten, r_2.

Individuen mit mehr als 4 Gonaden habe ich nicht angetroffen.

Die ersten Anlagen der Gonaden sehen den ersten Anlagen der Mägen, wie schon gesagt, sehr ähnlich, doch lassen sie sich,

wenigstens die der weiblichen, schon sehr frühzeitig von den letzteren unterscheiden. Bei den weiblichen Gonaden lassen sich sehr bald die jungen Eier deutlich erkennen. Auch das Endoderm verdickt sich in den Gonadenanlagen. In den reifen sackförmigen, in die Subumbrellarhöhle hineinragenden Gonaden existirt eine centrale Höhle, die von verdicktem Entoderm ausgekleidet und eine Fortsetzung der Höhle des Radialkanals ist. Stellt man sich einen Magen vor, bei dem es nicht zur Bildung einer Mundöffnung und einer Mundscheibe gekommen ist, und dessen Ectoderm durch die Entwickelung der Geschlechtsprodukte angeschwollen ist, so bekommt man eine ziemlich exakte Vorstellung vom Bau einer Gonade.

Fig. 9, Taf. XX stellt einen Längsschnitt durch eine reife weibliche Gonade dar.

Anomalien. Regenerationsvermögen.

Nicht selten entwickeln sich relativ jüngere Organe (Radialkanäle, Magenschläuche, Tentakeln) rascher und kräftiger als relativ ältere. Dadurch wird mitunter die Gesetzmässigkeit in der spätern Entwickelung gestört. Tentakeln und Magenschläuche können sich von der Meduse loslösen oder abgerissen werden; dann entwickeln sich die zunächst liegenden jungen Organe rascher und kräftiger. Auch hierdurch kann die Gesetzmässigkeit gestört und, wenn Theilung eintritt, die Störung auf die Theilstücke übertragen werden, so dass sich dann eine ganze Serie etwas anormal entwickelt. — Herr Dr. Raffaele beobachtete, wie sich bei dem Exemplar mit 9 Mägen einer der grössten Mägen scheinbar freiwillig loslöste. Der abgeschnürte isolirte Magen blieb länger als 2 Tage lebenskräftig, nachher starb er, wie überhaupt die Medusen, die bei grosser Sommerhitze zur Beobachtung in Uhrgläsern gehalten wurden. Bei Durchmusterung des Bodensatzes in den Auftriebgläsern fanden wir sehr zahlreiche isolirte Fragmente von Medusen, Tentakeln, Magenschläuche mit Stücken des Schirmes, welche die deutlichsten Regenerationserscheinungen: Abrundung des Schirmstückes, Anlage neuer Tentakeln und Randbläschen etc. zeigten. Offenbar kann sich aus ganz kleinen Theilstücken wieder die ganze Meduse regeneriren.

Wahrscheinliche ontogenetische Entstehung der polygastrischen Form.

Bis jetzt habe ich nur Beobachtungen mitgetheilt. Die Resultate derselben sind aber so eigenthümlich, so von allem bis

jetzt bei Medusen Bekannten abweichend, dass sie zu einem Erklärungsversuche auffordern. Folgendes sind die bei unseren Medusen beobachteten abweichenden Eigenschaften und Erscheinungen: 1. Existenz mehrerer Magenschläuche. 2. Fehlen eines centralen Magens. 3. Die nach einem ganz bestimmten Gesetz erfolgende Knospung neuer Tentakeln, Randbläschen, Radialkanäle, Magenschläuche und Gonaden an den Radialkanälen. 4. Successive rechtwinkelig und gesetzmässig sich vollziehende Zweitheilungen. 5. Verschiedenes Alter und verschiedene Grösse der verschiedenen gleichartigen Organe und vollständiges Fehlen eines strahligen Baues. 6. Adradiale Lage der Tentakeln; interradiale Lage der Randbläschen. So auffallend und abweichend diese Eigenschaften und Erscheinungen auch sind, so lassen sie sich doch in, wie mir scheint, sehr einfacher und natürlicher Weise erklären. Wir brauchen nur schon bekannte Thatsachen und Erscheinungen für unsere Erklärung zu benutzen. Ja, die oben beschriebenen Theilungs- und Knospungsvorgänge bieten uns selbst den sichersten Fingerzeig für eine Erklärung, von der ich nicht zweifle, dass sie durch die wirkliche Beobachtung bestätigt werden wird.

Wie entstehen ursprünglich unsere Medusen? Woher stammen sie? Entstehen sie durch Knospung an einer Hydroidkolonie, oder entwickeln sie sich direkt wieder aus dem befruchteten Ei einer Muttermeduse? Gehen den von mir beobachteten Stadien andere voraus? Dies sind Fragen, auf die ich nicht mit Beobachtungen antworten kann, sondern nur mit einem Erklärungsversuch.

Dem Baue der verschiedenen Organe nach ist unsere Meduse eine Leptomeduse. Die Tentakeln, Randbläschen, Mägen und Gonaden sind absolut so gebaut wie bei vielen Eucopiden und Aequoriden, z. B. bei Eucope und Phialidium. Halten wir an der Hand des Haeckel'schen grossen Medusenwerkes Umschau unter den andern Medusenfamilien und Ordnungen, so überzeugen wir uns bald, dass unsere Meduse dem Bau ihrer Organe nach nicht anderswo untergebracht werden kann.

Bei den Eucopiden finden sich stets vier Radialgefäse. Die ursprünglichsten Formen haben vier perradiale Tentakeln, Eucope, Eutimeta und Octorchis haben 8 Tentakeln (4 perradiale und 4 interradiale). Bei andern Formen vermehrt sich ihre Zahl bedeutend. Im Verlaufe der Radialkanäle liegen 4 oder 8 Gonaden.

Bei den Aequoriden finden sich zahlreiche — mindestens acht, oft über hundert — Radialkanäle, in deren Verlaufe die Gonaden liegen. Doch besitzen die jungen Larven der Aequoriden (Halopsis ocellata und Polycanna groenlandica nach AL. AGASSIZ; Octocanna octonema nach HAECKEL) vier perradiale Kanäle. Die Aequoriden durchlaufen also in ihrer Ontogenie ein Eucopestadium. Im einfachsten Falle (Octocanna octonema) finden sich 8 Tentakeln am Ende der 8 Radial-Kanäle (4 perradiale und 4 interradiale).

Da die ältern Stadien unserer Meduse stets mehr als vier Radialkanäle besitzen, so müssten wir sie danach zu den Aequoriden stellen.

Nehmen wir nun an, dass die jüngsten (nicht beobachteten) Larven unserer Meduse strahlig sind und, wie die anderen Aequoriden, 4 Radialgefässe und 8 Tentakeln (4 perradiale Tentakeln und 4 interradiale Tentakelknospen) besitzen, kurz, dass sie dem Eucopestadium entsprechen!

Diese Annahme ist nicht ganz ungerechtfertigt. Die Vierzahl der Magenzipfel, die Vierzahl der Entodermwülste in den Magenschläuchen, die Thatsache, dass unsere Medusen sich auf dem Stadium theilen, auf dem 4 Radialkanäle gebildet sind, alles das scheint darauf hinzuweisen, dass unsere Meduse anfangs 4 Radialkanäle besitzt.

Eine zweite Supposition, deren wir zu unserer Erklärung bedürfen, ist die, dass sich Gastroblasta auch auf dem Eucopestadium durch fortgesetzte rechtwinkelige Theilung fortpflanzt.

Auch diese Annahme schwebt nicht ganz in der Luft; denn erstens nehmen wir nur an, dass die von uns an den spätern Stadien beobachteten Theilungen auch an den jüngern vorkommen, und zweitens sind solche Theilungen an andern Aequoridenlarven (durch KÖLLIKER) und an einem vermeintlichen Eucopestadium von Phialidium variabile (durch DAVIDOFF) wirklich beobachtet worden.

Sehen wir nun zunächst, wie KÖLLIKER seinen im Herbste 1852 in Messina beobachteten Fall in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Band IV p. 325—327 beschreibt. Dort heisst es: „Das Wichtigste, was Herr Kölliker in dieser Beziehung aufgefunden hat, ist, dass den Scheibenquallen auch eine Vermehrung durch Theilung zukommt. Beobachtet wurde dieselbe bei Stomobrachium mirabile. Es fiel hier zuerst auf, dass manche Individuen wie verletzt aussahen, indem der Magen nicht

in der Mitte stand, und ihnen ein Theil der Scheibe zu mangeln schien. Eine weitere Verfolgung ergab, dass solche Individuen immer regelmässig halbkreisförmig waren, mit einem geraden und einem convexen Rand, und dass der Magen stets dem erstern nahe lag, und so wurde denn bald der Gedanke an eine Theilung rege. Als die Sache einmal so weit war, fand sich die Lösung leicht, denn es wurden bei genauerem Nachforschen nach dieser sehr häufigen Qualle nun auch bald alle gedenkbaren Stadien der sich einleitenden, fortschreitenden und sich vollendenden Theilung aufgefunden. Der Process beginnt in der Regel damit, dass zuerst der Magen sich spaltet, und wurden viele zugleich etwas grössere, im Umkreis länglich runde, noch einfache Thiere mit zwei mehr oder weniger eingeschnürten und mit vollständig getheilten, aber noch dicht beisammenstehenden Mägen gesehen. Ist der Vorgang einmal so weit, so beginnt zwischen den beiden Mägen, jedoch äusserlich an der Scheibe, die Bildung einer Meridianfurche, die, tiefer und tiefer schreitend, die Qualle immer mehr senkrecht halbirt, so dass dieselbe, von oben angesehen, in verschiedenen Formen bisquit- und achterförmig aussieht, bis endlich die zwei neuen Thiere nur noch durch eine schmale Brücke zusammenhalten, welche endlich auch noch nach beiden Seiten sich vertheilt. Lässt man sich die Mühe nicht verdriessen, so kann man den ganzen Process in Zeit von 8—12 Stunden zu Stande kommen sehen. Mit der einmaligen Theilung ist jedoch diese Art der Vermehrung noch keineswegs geschlossen, vielmehr hat Herr Kölliker die bestimmte Beobachtung gemacht, dass getheilte Thiere nochmals sich theilen. Man findet nämlich halbe Quallen von deutlich halbkreisförmiger Gestalt mit excentrischen Mägen, welche ebenfalls bisquitförmig sind, so dass die neue Theilungsfurche mit der alten, deren Lage aus dem geraden Rande der Scheibe sich ergiebt, unter einem rechten Winkel sich schneidet, und kann auch hier den Fortgang der Spaltung verfolgen, wobei jedoch der Magen nicht immer vor der Scheibe sich einschnürt. Wie oft eine solche Theilung hintereinander sich wiederholt, hat Herr Kölliker nicht beobachtet, doch lässt sich daraus, dass sich theilende Individuen von verschiedenen Grössen von 2—6‴, sehr häufig vorkommen, mit ziemlicher Sicherheit schliessen, dass diese merkwürdige Vermehrung auch mit einer zweimaligen Theilung noch nicht abgeschlossen ist, vielmehr der Vorgang sich öfter wiederholt.“ Kölliker theilt dann mit, dass Stomobrachium mirabile nur der Jugendzustand seines Mesonema coe-

rulescens (M. pensile ESCHH. sei. „An Mesonema hat Herr KÖLLIKER keine Spur einer Theilung gesehen, dagegen kann noch erwähnt werden, dass dieselbe selbst noch an solchen Stomobrachien gesehen wurde, die schon an einzelnen Gefässen deutliche Eier zeigten". Die Beschreibung von „Stomobrachium mirabile" (p. 324) lautet: „Scheibe abgeplattet, ganzrandig, mit 8, 10, 12 nicht immer gleich langen Fangfäden, die längsten vom Durchmesser der Scheibe. Gehörorgane viele, in unbestimmter Zahl (5—8) zwischen je 2 Fühlern. Magen klein, rundlich, nach unten in einen ganz kurzen, mit 4 länglichen schmalen Lippen endenden Schlund sich fortsetzend, der nicht bis zum Rand der Scheibe herabragt. Gefässe 8, 10, 12, einfache radiäre, vom Magen ausgehende Kanäle, die nicht immer genau den Fangfäden entsprechen und in ein Ringgefäss zusammenmünden. Geschlechtsorgane nicht entwickelt. Farbe ein bläulicher Schimmer. Grösse 2—6‴. In Messina häufig". Der von KÖLLIKER beobachtete Fall hat in mancher Beziehung grosse Aehnlichkeit mit dem unsrigen, und ich zweifle auch nicht, dass unsere Meduse eine nahe Verwandte von Mesonema ist, von der sie sich jedoch durch die vielzähligen Magen und andere Eigenthümlichkeiten unterscheidet. Noch grösser ist die Uebereinstimmung zwischen den Jugendformen. KÖLLIKER's Beschreibung von Stomobrachium mirabile passt in der That ziemlich gut auf die jungen Stadien unserer Meduse, nur ist die Zahl der Radialkanäle beim erstern viel grösser. Herr Professor KÖLLIKER hat mir in der liebenswürdigsten Weise seine Skizzen zur Verfügung gestellt. Bei einem Vergleich derselben mit meinen Medusen überzeugt man sich sofort von der Verschiedenheit der beiden Formen. — Immerhin ist für uns sehr wichtig, dass KÖLLIKER bei der Larve einer Aequoride die Fortpflanzung durch successive rechtwinkelig auf einander sich vollziehende Theilungen beobachtet hat. — Der zweite bis jetzt bekannte Fall von Fortpflanzung durch Theilung wurde von DAVIDOFF[1]) in Villa franca bei Phialidium variabile beobachtet. Dieser Fall ist für unsern Erklärungsversuch so wichtig, dass wir ihn geradezu als Ausgangspunkt nehmen können. Die ersten Andeutungen einer Theilung treten auf, wenn die Meduse aus 4 perradialen Tentakeln, 8 Randbläschen und (wie ich

[1]) Ueber Theilungsvorgänge bei Phialidium variabile. Zool. Anzeig., 4. Jahrg. 1881, p. 620.

aus der beigegebenen Figur erschliesse) 4 interradialen Tentakelknospen und 4 Radialgefässen besteht, also auf dem Eucopestadium (siehe Fig. 2, Taf. XXI), welches ja nach unserer Voraussetzung auch von unserer Meduse durchlaufen wird. An der Basis des Magens entsteht ein zweiter Magen als Knospe, an der secundär die Mundöffnung durchbricht. Die Meduse nimmt eine ovale Gestalt an, die beiden Mägen weichen in der Richtung des grössten Durchmessers der Scheibe auseinander, bleiben aber durch einen Kanal miteinander verbunden. Wie ich aus DAVIDOFF's Figur ersehe, theilen sich die interradial an den Enden des kürzesten Durchmessers der Scheibe gelegenen Tentakelknospen t_2 in 2 seitliche Knospen, welche also adradial werden. Zwischen ihnen tritt ein interradiales Randbläschen auf. Dann schliesst sich der Verbindungskanal zwischen den beiden Mägen und der Ringkanal in der Nähe der interradialen Randbläschen. Die Theilung erfolgt dann senkrecht auf den ursprünglichen Verbindungskanal, in der Richtung des kürzesten Durchmessers der Meduse (Fig. 2, Fig. 3). Jedes Theilstück (Fig. 3) würde demnach besitzen 5 Tentakeln, 5 Randbläschen, zwei Radialkanäle und einen Magen. Von den 5 Tentakeln sind 2 (t_1) die ursprünglichen perradialen, 2 stammen von den ursprünglich interradialen Tentakelknospen (t_2 in Fig. 1) ab, welche sich theilten. Die fünfte Tentakelknospe (t_3) ist eine der beiden, ursprünglich noch ungetheilten, interradialen Tentakelknospen (t_3). Soweit der Vorgang nach DAVIDOFF's Beschreibung und Abbildung!

Was geschieht nun, wenn jedes der Theilungsstücke, nach Analogie von Stomobrachium mirabile und nach Analogie der spätern Stadien unserer Meduse, sich rechtwinkelig zur ursprünglichen Theilungsebene wieder theilt, was freilich von DAVIDOFF nicht beobachtet wurde?

Zunächst wird sich bei jedem Theilstück die Tendenz zeigen, sich abzurunden und zu einem dem Mutterthiere ähnlichen Organismus zu werden. Die beiden jungen Tentakelknospen t_2 werden an die Stelle der 2 in das andere Theilstück aufgenommenen Tentakel t_1 treten. An der Basis des Magens wird ein neuer knospen; beide Magen werden in der Richtung des längsten Durchmessers der Meduse, welcher auf dem längsten Durchmesser der Muttermeduse senkrecht steht, auseinanderrücken. Die noch ungetheilte interradiale Tentakelanlage t_3 wird nach Analogie der Tentakelanlage t_2 sich theilen und so die beiden adradialen Tentakelanlagen t_3 (Fig. 5, Taf. XXI) bilden; zwischen ihnen wird ein

interradiales Randbläschen auftreten. Entsprechend den beiden Tentakelanlagen t_3 werden am gegenüberliegenden Scheibenrand 2 neue Tentakelanlagen t_4 auftreten. Auf diesem Stadium wird die Meduse besitzen

2 älteste (unter sich gleichalte) Tentakel t_1,
2 jüngere (unter sich gleichalte) Tentakel t_2,
2 noch jüngere (unter sich gleichalte) Tentakel t_3,
2 jüngste (unter sich gleichalte) Tentakel t_4,
2 verschieden alte Mägen und neben den 2 Radialkanälen vielleicht noch 2 Centripetalkanäle als Anlagen der fehlenden 2 Radialkanäle. Die Randbläschen liegen nun alle in der Mitte zwischen 2 benachbarten Tentakeln. Die Theilung erfolgt senkrecht auf den Verbindungskanal zwischen den beiden Mägen (Fig. 5 und 6).

Betrachten wir nun die so entstandenen Theilstücke (Fig. 6) näher. Jedes derselben besitzt:

einen ältesten Tentakel t_1, einer der 4 perradialen Tentakeln des ursprünglichen, radiären Mutterthieres (Fig. 1),
einen zweitältesten Tentakel t_2, einer der 4 Tentakeln, die durch Theilung aus den sich zuerst theilenden beiden interradialen Tentakeln t_2 hervorgegangen sind,
einen drittältesten Tentakel t_3, einer der 4 durch Theilung von t_3 entstandenen Tentakeln,
einen viertältesten Tentakel t_4, eine der vier neu entstandenen Tentakelknospen.
einen ältesten Radialkanal (r_1), einer der 4 Radialkanäle des ursprünglichen radiären Mutterthieres,
einen Centripetalkanal (r_2), an der Basis des zweitältesten Tentakels entspringend.

Während die durch die erste Theilung entstandenen Medusen einander congruent sind, sind die beiden durch Theilung eines Theilstückes entstandenen Enkelmedusen β und α u. γ und δ einander nur spiegelbildlich gleich.

Alle diese Verhältnisse dürften durch die schematischen Figuren 1—6, Tafel XXI viel besser erläutert werden als mit Worten.

Vergleichen wir nun diese Enkelmedusen mit den jüngsten von uns beobachteten Stadien, so sehen wir, dass eine vollständige Uebereinstimmung herrscht. Beide bestehen aus 2 Gruppen von Individuen, die sich nur spiegelbildlich gleich sind; bei beiden sind die Organe verschieden alt, und zwar ist die Anordnung der Organe am Scheibenrand nach dem Alter ganz dieselbe. Drehen

wir z. B. β (Fig. 6) um einen rechten Winkel nach links, oder γ um einen rechten Winkel nach rechts, so erkennen wir die Uebereinstimmung mit dem Stadium I der Serie *B* (Fig. 8 *B*); drehen wir α um einem rechten Winkel nach rechts, und δ um einen rechten Winkel nach links, so erkennen wir die Uebereinstimmung mit Stadium I der Serie *A* (Fig. 8 *A*).

Die Verschiedenheit besteht nur darin, dass unsere Stadien I schon etwas weiter entwickelt sind. Es haben sich neue Tentakelanlagen gebildet; der Centripetalkanal r_2, welcher vom zweitältesten Tentakel t_2 ausging (Fig. 6 α, β, γ, δ), hat den Magen erreicht; an der Basis des drittältesten Tentakels t_3 hat sich ein neuer Centripetalkanal angelegt. Am zweitältesten Radialkanal ist eine Verdickung aufgetreten: die Anlage eines neuen Magens m_2. Auch diesen Vorgang hat Davidoff bei seiner Meduse beobachtet. Er sagt: „Ferner kann auch das zweite (Stomogastrium) nicht an der Basis des ersten sich bilden, sondern ebenfalls im Verlaufe eines Radialkanals. Sogar aus einem nahezu reifen Geschlechtsorgan kann noch ein Stomogastrium herauswachsen“.

Aus dem Gesagten ergiebt sich, dass, wenn unsere Meduse Eucope ähnliche, radiäre Larven besitzt und diese sich durch successive rechtwinkelige Theilungen in der von Davidoff beobachteten Weise fortpflanzen, mit Nothwendigkeit die Serien scheinbar unregelmässiger, Stadien hervorgehen müssen, die wir beschrieben haben. Ich halte es sogar, wenigstens nach dem, was Davidoff bis jetzt mitgetheilt hat, für möglich, dass die Medusen, an denen er Theilung beobachtete, nicht zu Phialidium variabile gehören, sondern die ersten radiären Jugendstadien der von mir beobachteten Form sind. Dass sie zum Theil schon Geschlechtsorgane besitzen, darf uns nicht wundern; finden sich doch auch auf den wenig älteren von mir beobachteten Stadien Individuen mit Gonaden.

Wir haben nun ferner auch eine plausible Erklärung für die Polygastrie gefunden. Als Veranlassung zum Auftreten eines zweiten Magens erscheint anfänglich, wenn ich mich so ausdrücken darf, die Absicht der Meduse, sich zu theilen. Die Theilungserscheinungen halten nun nur anfangs gleichen Schritt mit der Bildung neuer Mägen, später gehen sie bedeutend langsamer vor sich. Es sind bei den von uns beobachteten Stadien schon 4 Mägen angelegt, bevor die Theilung erfolgt, die eigentlich schon eintreten sollte, nachdem 2 Mägen gebildet sind. Schliesslich hört

die Fortpflanzung durch Theilung an der Scheibe ganz auf, während die ursprünglich durch sie bedingten Sprossungserscheinungen am Gastrovascularsystem (Radialkanäle, Magenschläuche) und an den Tentakeln sich noch fortsetzen.

Die erwachsene Meduse ist das Resultat einer fortgesetzten Sprossung und zugleich einer fortgesetzten unvollständigen Theilung, ganz ähnlich wie die Thierstöcke gewisser Steinkorallen. Wie dort bezeichnet die Zahl der Mägen und Mundöffnungen die Zahl der nicht mehr zur Theilung gelangenden Individuen.

Manches in der Organisation unserer Meduse erinnert an Porpita oder Velella unter den Siphonophoren. Haeckel ist geneigt, für diese Siphonophoren einen andern Ursprung anzunehmen als für die übrigen. Er leitet sie von Craspedoten mit entodermalen Hörkölbchen ab. Wenn ich nun auch bezweifle, dass unsere Meduse zu Porpita oder Velella in irgend welcher nähern phylogenetischen Beziehung steht, so scheint sie mir doch aus dem Grunde für die Phylogenie dieser Siphonophoren sehr beachtenswerth, weil sie uns zeigt, dass wirklich aus Medusen durch Knospung oder unvollständige Theilung Porpita-ähnliche Thierstöcke hervorgehen konnten.

Unter dem Namen Gastroblasta timida hat C. Keller[1]) im Jahre 1883 eine von ihm im Rothen Meere entdeckte, in zahlreichen Schwärmen auftretende Meduse beschrieben, welche mit unserer Form in vielen wichtigen Organisationsverhältnissen übereinstimmt, in andern bedeutend von ihr abweicht. Grosse Uebereinstimmung herrscht in der äussern Gestalt der Medusen, in der Entwickelung der Schirmgallerte, des Velums, im Bau des oder der Mägen, der Gonaden, der Tentakeln. Wie unsere Form, so besitzen alle ausgewachsenen Exemplare von Gastroblasta timida mehr als einen Magen, doch nie mehr als 4. Die Magenschläuche entstehen in ganz ähnlicher Weise als sinusartige Erweiterungen am untern Theil eines Radialgefässes. Secundär brechen die Mundöffnungen durch, und es zieht sich der Mundrand anfangs in 3, dann in 4 Zipfel aus. Ein wesentlicher Unterschied besteht darin, dass bei Gastroblasta timida immer ein centraler Magen vorhanden ist. Die Grundzahl der Radialkanäle ist 4,

---

[1]) C. Keller. Untersuchungen über neue Medusen aus dem Rothen Meere. Mit 2 Tafeln. Zeitschrift f. wiss. Zoologie. 38 Bd. 1883, p. 622 u. ff.

die beobachtete Maximalzahl derselben 17. „Jeder neugebildete Magen erhält sein eigenes System von Radialkanälen, doch bleiben die einzelnen Magenräume untereinander in direktem oder indirektem Zusammenhang". Ausser den Radialkanälen finden sich noch ganz regelmässig Centripetalkanäle, welche interradial, später auch adradial sind. Sie können den nächstliegenden Nebenmagen erreichen und sind dann von den ursprünglichen centrifugalen Radialkanälen nicht mehr zu unterscheiden. Bei den von uns beobachteten Medusen sind sämmtliche Centripetalkanäle adradial. Bei den jüngsten Larven von Gastroblasta timida finden sich 4 perradiale und 4 interradiale Tentakeln, wie es ja wahrscheinlich auch bei unserer Form der Fall ist. Später entstehen durch Sprossung sehr zahlreiche, bis zu 100 Tentakeln. Zwischen zwei perradialen finden sich ein interradialer und 2 adradiale Fangarme — bei unserer Form entstehen die neuen Tentakeln immer adradial. Die Hörbläschen sind nach Keller bei Gastroblasta im Gegensatz zu unserer Meduse entodermalen Ursprungs. Gonaden entwickeln sich in grosser Zahl an den Kanälen, zuerst an den Radialkanälen, dann an den interradialen Centripetalkanälen. Theilungserscheinungen an der Scheibe hat Keller nie beobachtet; sie kommen auch wahrscheinlich nicht vor, wie daraus hervorgeht, dass die Randgebilde immer in ihrer ursprünglichen Lage: die Tentakeln erstens perradial, zweitens interradial, drittens adradial, die Sinnesbläschen adradial angeordnet sind, genau umgekehrt wie bei unserer Form.

Vergleichen wir Gastroblasta timida mit dieser letzteren, so sehen wir, dass fast alle wichtigeren Unterschiede dadurch bedingt werden, dass bei ersterer keine Fortpflanzung durch Theilung vorkommt, während letztere aus durch fortgesetzte Theilung entstandenen Theilstücken hervorgeht. Abgesehen davon ist nur ein grosser Unterschied vorhanden, und der liegt in dem entodermalen Ursprung der Randbläschen bei Gastroblasta. Wären diese exodermal, so würde Gastroblasta zusammen mit unserer Form in der Leptomedusenfamile der Aequoriden eine ganz natürliche Stellung finden. So ist Keller genöthigt, seine Form zu den Trachomedusen zu weisen. Da er aber innerhalb dieser Ordnung keine Verwandten der Gastroblasta antrifft, so muss er für die einzige Gattung und Art die neue Trachomedusenfamilie der Gastroblastiden gründen. Ich muss gestehen, dass ich noch nicht ganz von der entodermalen Natur der Hörbläschen von Gastroblasta überzeugt bin, und dass ich es für jetzt noch für besser halte, meine

Art unter dem Namen Gastroblasta Raffaelii an die Seite der KELLER'schen G. timida zu stellen, und die Gattung der Familie der Aequoriden einzuverleiben.

KELLER stellt auch Betrachtungen über die morphologische Bedeutung der Magenvermehrung an. Entweder sei dieselbe aus einer unvollständigen Theilung der Meduse zu erklären, oder es liege eine seitliche Sprossung vor. Da KELLER nie Theilungsvorgänge an der Scheibe beobachtet hat, so neigt er sich zu der letztern Auffassungsweise hin. „Der ganze Vorgang kann wohl passend als unvollständige Gemmatio lateralis bezeichnet werden und zeigt eine Analogie mit dem Sprossungsvorgang bei gewissen Korallen". Ich freue mich, dass die Resultate meiner Untersuchung die Auffassung KELLER's vollständig bestätigen. Ja, die Vorgänge bei Gastroblasta Raffaelei sind gewissermassen die direkte Erklärung derer bei G. timida. Bei der erstern Art geht die Magenvermehrung nur in den jüngsten Larvenstadien noch Hand in Hand mit Theilungen, später unterbleiben die Theilungen, die Magenvermehrung und die Sprossungserscheinungen dauern aber noch fort. Bei KELLER's Art tritt auch in der Jugend keine ungeschlechtliche Vermehrung durch Theilung mehr ein.

In einer leider russisch geschriebenen Abhandlung von METSCHNIKOFF finde ich unter der Bezeichnung von Eucope polygastrica 2 Abbildungen von Medusen, die offenbar mit unserer Gastroblasta Raffaelei identisch sind. Die Fig. 4 entspricht ungefähr unserem Stadium IV der Serie *A*; 2 der Verdickungen an den Radialkanälen müssten demnach Gonadenanlagen sein. Fig. 2 stellt ein Stadium mit 6 Radialkanälen und 3 entwickelten Mägen und 3 Magenanlagen dar. Ich weiss nicht, ob die Beschreibung im Text dieser meiner Interpretation der Abbildungen entspricht, und in welchem Umfange überhaupt die Resultate meiner Untersuchung schon in der METSCHNIKOFF'schen Abhandlung enthalten sind.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XX.

Fig. 1. *Gastroblasta Raffaelei.* Ein grosses Exemplar mit 9 entwickelten Magenschläuchen, von der Exumbrella aus gesehen. Stark vergrössert. Nach 2 Skizzen des lebenden Thieres und Vergleichung des Präparates.

Fig. 2. Ein jüngeres Exemplar mit 2 entwickelten Mägenschläuchen, schief von der Seite gesehen. Stark vergrössert.

Fig. 3. Querschnitt durch einen Magenschlauch ca. 145 mal vergrössert.

Fig. 4, 5, 6, 7, 8. Schematische Längsschnitte durch 5 Mägen auf verschiedenen Stadien der Entwickelung, zur Demonstration der Bildung der Magenschläuche aus Verdickungen von Radialkanälen.

Fig. 9. Längsschnitt durch eine weibliche Gonade. Ca. 145 mal vergrössert.

Tafel XXI.

Allgemeine Buchstabenbezeichnung.

m Magen oder Magenanlage.
g Gonade.
t Tentakel.
r Radialkanal.

Das verschiedene Alter der Magenschläuche, Gonaden, Tentakeln und Radialkanäle wird durch die Zahlen angegeben: t_1 der älteste Tentakel, t_2 der zweitälteste u. s. w., m_1 der älteste Magen, m_2 der zweitälteste u. s. w.

Fig. 1—6. Schemata zur Darstellung der muthmasslichen successiven Theilungen der supponirten, ersten radiären Larvenform.

Fig. 7. Stadium der Zweitheilung von Gastroblasta Raffaelei.

Fig. 8 *B*—13 *B*. Serie von Stadien ohne Gonaden, welche durch Metamorphose und unvollständige Theilung aus dem linken Theilstück der Muttermeduse (Fig. 7) hervorgehen.

Fig. 8 *A*—13 *A*. Entsprechende Serie von Stadien mit Gonaden, hervorgehend aus dem rechten Theilstück der Muttermeduse (Fig. 7).

Die Figuren 7, 8 *A*—13 *A* und 8 *B*—13 *B* sind mit Hilfe des Zeichenprismas gezeichnet. Alle Figuren sind von der Exumbrellarseite bei ca. 60 facher Vergrösserung angefertigt und nachher vom Lithographen um die Hälfte verkleinert. Im Uebrigen liefert der Text die Erklärung der Abbildungen.

Einige Mittheilungen über Asterias cilicia Qu.

Von

Dr. G. Compter,

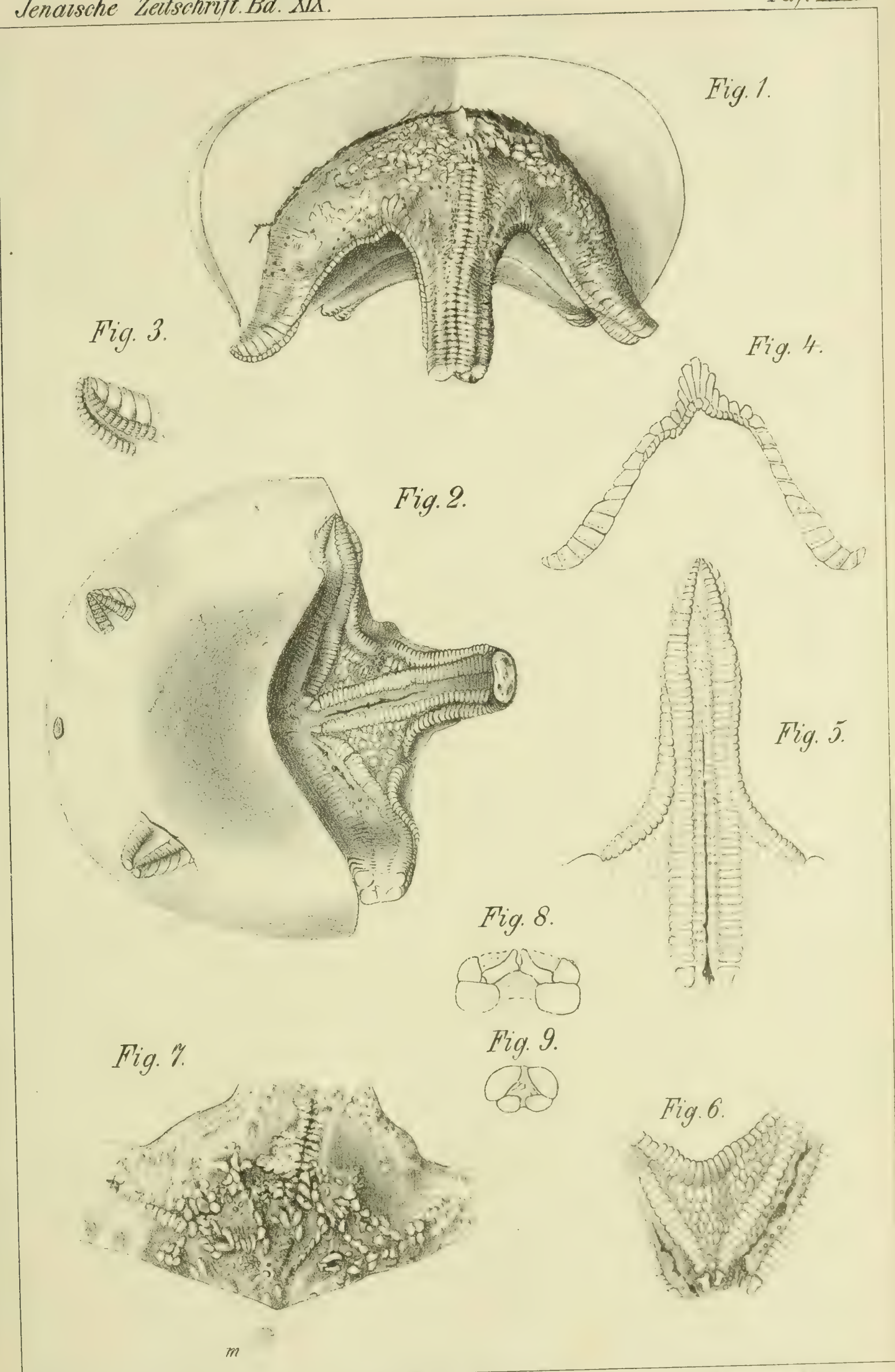
Apolda.

Hierzu Tafel XXII.

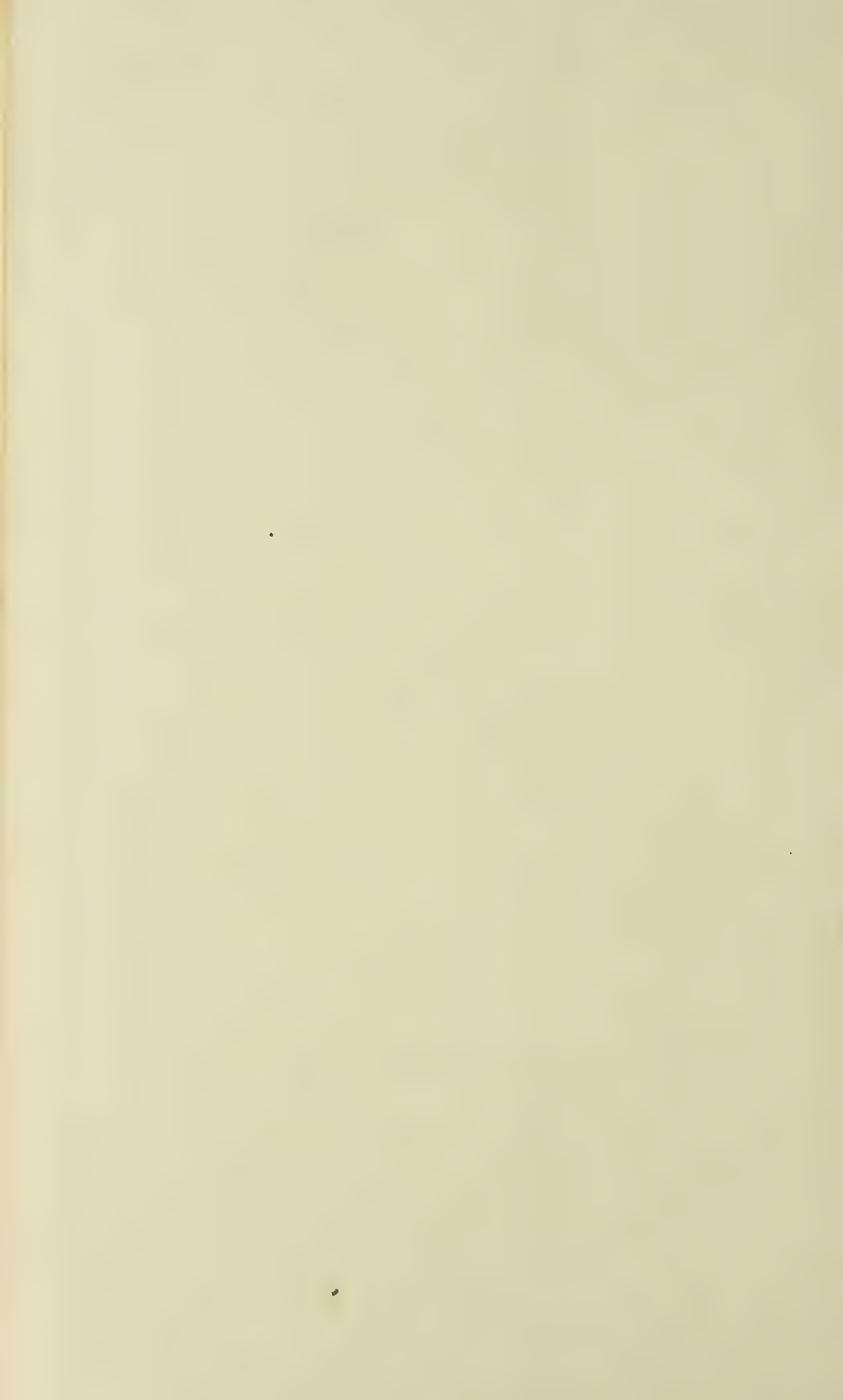
Die Zahl der bekannten Exemplare von Asterien aus dem obern Muschelkalke war bis vor Kurzem eine verhältnismässig kleine. Zu dem früher Bekannten hat zwar neuerlich Eck (Zeitschr. d. d. g. Ges. 1885) noch die Beschreibung einiger zum Theil sehr schöner Exemplare aus Nord- und Süddeutschland hinzugefügt. Trotzdem dürften weitere diesbezügliche Mittheilungen nicht unwillkommen sein, da sie noch Abweichungen von dem bisjetzt Festgestellten erkennen lassen, und ausserdem die fraglichen Exemplare in mehrfacher Beziehung besonderes Interesse bieten.

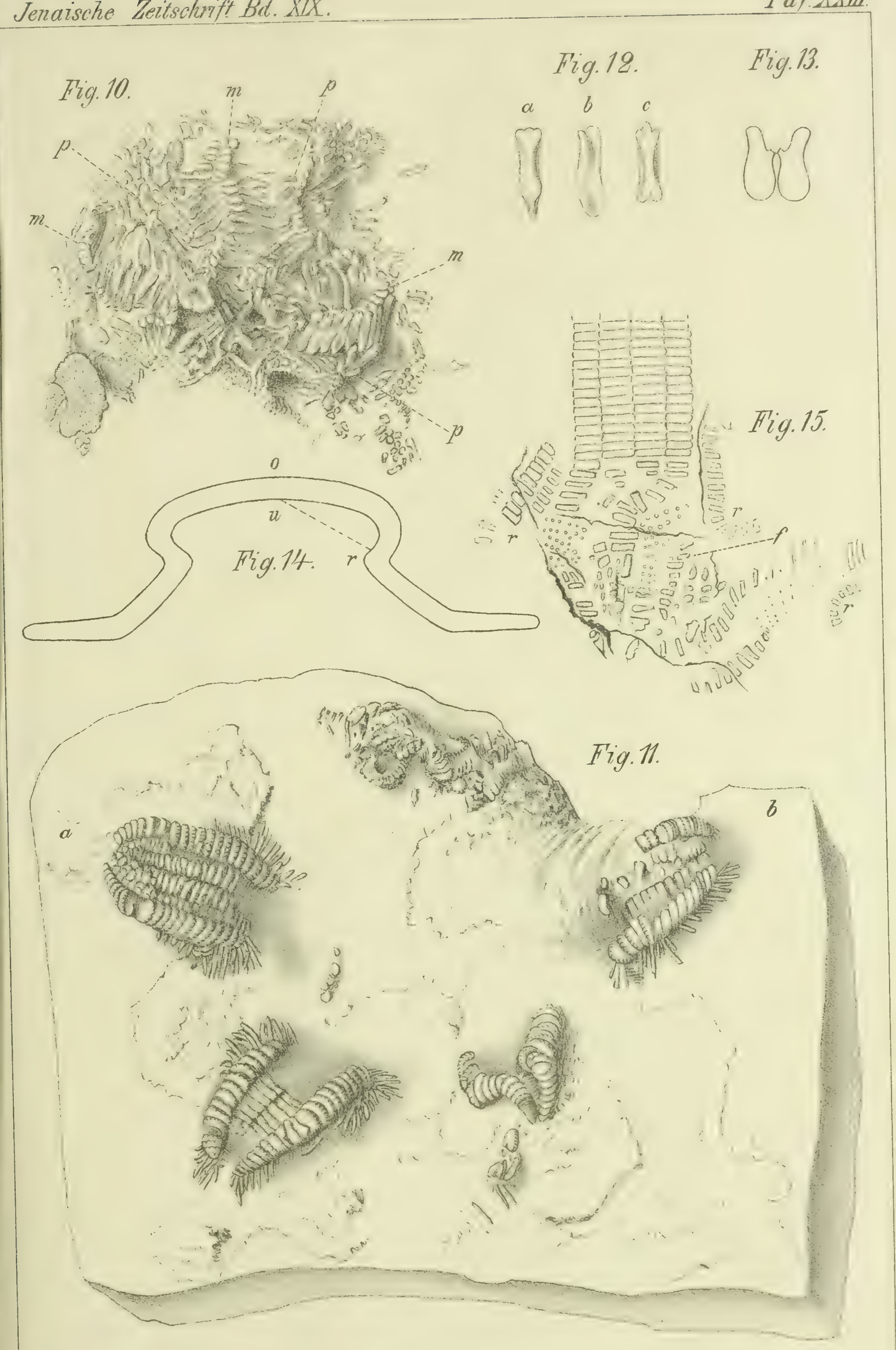
I. Das erste stammt aus einem Steinbruche im Schötener Grunde, südlich von Apolda. Der Bruch wird auf die obersten Bänke des obern Muschelkalks betrieben, macht aber einen 2—3 m mächtigen Abraum der untersten Lettenkohlenschichten nöthig und gewährt deshalb einen umfangreichen, deutlichen Aufschluss. Die Asterie ist einer weissen oder weisslichen, 5—6 cm starken, mergelig-kalkigen, bei der Verwitterung in rundliche Knollen zerfallenden Bank entnommen, deren zwei, stellenweis auch 3 durch gelblichgrüne Mergel getrennt werden. Sie liegen ungefähr 3 m unter der Lettenkohlengrenze. Der Fund ist also wohl der jüngste von allen bekannten.

Ein kurzes Referat darüber habe ich bereits in der 46. Generalversammlung des naturw. Vereins für Sachsen und Thür. 1883 (Zeitschr. f. d. ges. Naturw. LVI. Bd., 4. Folge II. Bd. S. 391—92) gegeben. Damals entzog sich das Thier aber noch einer eingehenden Betrachtung und konnte nur mehr vermuthungsweise als Asterias cilicia Qu. bezeichnet werden.



Dr. Compter n. d. Nat. gez. Verlag v. Gustav Fischer i Jena. Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.





Dr. Compter n. d. Nat. gez. Verlag v. Gustav Fischer i. Jena.



Im ursprünglichen Zustande bildete der Fund einen oben abgeflachten, unten etwas vertieften, halbkugelförmigen Knollen, aus dessen Unterseite nahe dem Rande 5 kurze Armspitzen, nach aussen gebogen, hervorragten; oben nahe dem Scheitel eine kleine, 3 mm Durchmesser haltende, braune, rundliche, vertieftpunktirte Madreporenplatte in der Halbirungslinie eines Interbrachialraumes; eine ähnliche, etwas kleinere Platte in der Verlängerung dieser Halbirungslinie, ziemlich an der äussersten äquatorialen Peripherie des Knollens, scheint als eine zweite Madrepore gedeutet werden zu müssen; die Oberfläche des Knollens etwas rauh von erhabenen Strichen und Punkten, die als abgebrochene oder abgerissene und umgeknickte Stacheln zu deuten sind. Zwei Armspitzen sind unverletzt, die andern mehr oder weniger verbrochen.

Ein von der Kalkauflage des Rückens abgesprengtes Kugelsegment und das steile Einfallen der Armgrenzen gegen die Oberfläche der Halbkugel liessen erkennen, dass die Körperoberfläche des Thieres in dem Knollen gesucht werden müsse. So unterzog ich mich der Mühe, das Thier, zur Hälfte wenigstens, von der Kalkhülle zu befreien. Von der Rückenseite konnte die bedeckende Gesteinsmasse durch Schneiden entfernt werden; nur gegen die Armspitzen hin bedurfte es der Nachhülfe durch Aetzen. Die Mitte des Thierrückens liegt 8 mm unter dem Scheitel der Halbkugel. Auf der Bauchseite war es nicht möglich, durch Schneiden die Kalkmasse zu entfernen; hier war nur mit Aetzen beizukommen; es geschah in der Weise, dass die Grenzen des geätzten Theiles die Erweiterungen der Schnittflächen auf der Oberseite bildeten. Es musste in der Mitte bis zu 13 mm tief eingedrungen werden, um den Mund und die Oralplatten zu erreichen. Dass auf diese Art die Platten selbst zum Theil mit angegriffen wurden, war nicht zu vermeiden; aber ihre Anordnung ist vollkommen deutlich blossgelegt worden. Die so gewonnenen Ansichten sind in den Figg. 1 und 2 dargestellt. Die Gestalt lässt sich nunmehr vollständig übersehen. Sie ist auf der Unterseite stark konkav, Scheibe und Arme sind krampfhaft zur Halbkugel zusammengezogen und nur die Spitzen der Arme wieder auswärts gebogen. Die Arme selbst sind bis auf das vorderste Drittel ihrer Länge auch seitlich zusammengezogen, also auf der Unterseite — abgesehen von der Ambulakralfurche — rinnig vertieft, und die Ränder in den Armwinkeln zum Theil nach unten eingeschlagen, daher diese Winkel ziemlich scharf werden (Fig. 4), während die Scheibe über ihnen in einer stumpfen körperlichen

Ecke hervorsteht. Jetzt ist im allgemeinen die Uebereinstimmung des Thieres mit Asterias cilicia Qu. = Trichaster cilicius Qu. (Petrefactenk. Deutschl. I. Abth. IV. Bd. S. 65. ff, tab. 92, fig. 19—28) = Pleuraster cilicius Qu. sp. Eck (Zeitschr. d. d. geol. Ges., XXI. 1869, S. 496—97) = Trichasteropsis cilicia Qu. sp. Eck (Zeitschr. d. d. geol. Ges., XXXI. 1879, S. 43—45 und XXXVII, 1885, S. 818—24) genügend klar; im einzelnen bleiben aber noch Abweichungen zu verzeichnen, wie aus der genaueren Beschreibung im Folgenden ersichtlich werden wird.

Der Radius der Scheibe beträgt 27, der des Armes 50 mm, beide auf der konvexen Seite gemessen; auf der konkaven Seite ergiebt jener 21, dieser 48 mm; der Scheibenrand ist eben im Armwinkel stark eingezogen. Die Breite der Arme am Grunde ist 25—26 mm; dieselben verjüngen sich nicht gleichmässig, sondern ihre Breitendimension schwillt ungefähr in der Mitte noch einmal an, weil hier die Reihe der untern Randplatten sich von oben nach unten über die seitliche Kante herunterzieht. Hinter dieser Verbreiterung ist die Rinne des Armes am tiefsten, sodass die Sehne von Rand zu Rand sich zum Bogen über den Rücken hinweg verhällt wie 2 : 3. Die nicht rinnig vertiefte Spitze des Armes an der Stelle, wo er sich rasch zu verjüngen beginnt, hat 9 mm Breite, und die Dicke der Scheibe vom Mund zum After beträgt 7 mm. Die Ambulakralfurche ist im Maximum 4 mm breit, diametral gegenüberliegende Oralplatten sind 3—5 mm von einander entfernt. Die Furche wird beiderseits von der fortlaufenden Reihe der Adambulakralplatten begrenzt, deren Anzahl 47—48 beträgt; die Länge einer Platte, mit Ausnahme der 6—8 vordersten, ist 1 mm, die Breite 2—3 mm. Quenstedt (a. a. O. S. 67) nennt sie „knotig" und giebt ihre Zahl doppelt bis dreifach so gross an als in der Rückenreihe; Eck (a. a. O. 1885. S. 818) nennt sie „geperlt". Knotig oder geperlt sind sie auch hier; 8 Knoten (Qu. a. a. O. S. 70) lassen sich meist deutlich erkennen. Durchschnittlich kommen auf 5 solcher Platten 2 obere Randplatten, wie bei Quenstedt. Die Fig. 3 stellt eine der beiden unbeschädigten Armspitzen etwas vergrössert dar. Die 7 ersten obern Randplatten an der Armspitze sind beinahe rechteckig, breiter als lang im Verhältnis 3 : 2 und grösser als die übrigen; die folgenden 6 sind rhombisch verzogen, mit dem obern spitzen Winkel nach vorn geneigt; die letzten nach dem Armwinkel hin werden kürzer und breiter und neigen sich allmählich rückwärts; im Winkel selbst bilden 2 Platten jederseits und eine

unpaare Mittelplatte eine fünffingerige Palmette: die oben erwähnte stumpf vortretende körperliche Ecke (in Fig. 4 etwas vergrössert dargestellt). Die vordern Platten sind körnig-rauh, mit einer Reihe deutlicher Erhöhungen am Vorderrande; an den hinteren Platten ist Skulptur nicht zu erkennen, nur einzelne kleine Kreise deuten auf abgeätzte Stacheln. Die Gesammtzahl dieser Platten zwischen 2 Armenden beträgt 39. Quenstedt hatte schon vermuthet, dass diese Randasseln sich bis in den Armwinkel fortsetzten, obwohl sein Exemplar dies nicht erkennen liess; Eck hat es an besseren Funden von Crailsheim Wehmingen und Hemmersheim dann nachgewiesen (Zeitschr. d. d. geol. Ges., XXXI. 1879, S. 44, 45; Taf. IV. Fig. 3c; 1885, S. 819 u. 824; Taf. 34). Diese Darstellung stimmt mit der unsern im allgemeinen überein; abweichend ist die Zahl der Platten (Eck hat 16, 17 und 14 an einer Armseite) und die Palmette, die abweichende Plattenzahl erklärt sich aber aus den Grössenverhältnissen. An einem Arm des hiesigen Exemplars ist auch der Augenporus noch wahrzunehmen; am andern vollerhaltenen ist das nicht mehr möglich; er ist zu sehr abgerieben.

Auch die untern Randplatten stimmen im allgemeinen mit der von Eck näher ausgeführten und ergänzten Quenstedt'schen Beschreibung überein. Diese Plattenreihe setzt hier aber etwas später ein als bei Quenstedt und, wie es scheint, auch bei Eck, nämlich nicht hinter der vierten obern Randplatte, sondern hinter der sechsten. Die ersten Platten sind sehr klein; sie werden aber allmählich breiter, so breit und so lang als die Adambulakralplatten, und im Armwinkel erst wieder etwas schmäler.

Die Zahl dieser untern Randplatten an einer Armseite beträgt 24. Im Armwinkel, unter der Palmette, liegt ein unpaariges etwas breiteres Täfelchen, das von den beiden benachbarten oben ein wenig umspannt wird; auch das stimmt mit Eck's Beschreibung (1879, S. 44) nicht ganz überein; bei ihm ist das unpaare Täfelchen kleiner als die andern. Dass sich die Reihe über den Rand des Arms nach unten zu ziehen scheint und im Armwinkel selbst ganz auf die Bauchseite tritt, ist nur Folge der Kontraktion. Liesse sich der Arm oder die ganze Gestalt flach ausbreiten, so würde die Reihe wie bei den andern Exemplaren immer dem Rande des Arms nach verlaufen. Nur der Länge nach gestreckt gedacht, ohne die Rinne mit zu ebnen, würde ein Arm das Bild von Fig. 7 bieten. Die ventralen Füllplatten weichen am hiesigen Exemplar von denen des Crailsheimer,

die Eck sehr eingehend beschreibt, wieder etwas ab, insofern die Reihen, welche den untern Randplatten parallel laufen, nicht streng oder rein entwickelt, sondern von einzelnen zwischen gestreuten Platten gestört sind, insofern dann sich statt 4 vielmehr 5 Reihen unterscheiden lassen, und ausserdem im Mundwinkel immer noch einige Plättchen übrig bleiben, und insofern endlich diese Füllplättchen sich den Adambulakralreihen parallel fast ebenso genau zu je einer Reihe ordnen als den Randplatten parallel (Fig. 6). Die hiesigen Oralplatten sind weniger spitz als die Crailsheimer und an den Ecken mit etwas vorspringender Rundung.

Die Oberseite. Auf dem mittleren der freigelegten Arme ist durch weiter geführte Aetzung die Doppelreihe der Ambulakralplatten zum Durchbruch gekommen; sie sind gegenständig (Fig 1), wie die Adambulakralplatten auch. Auf den beiden andern Armen ist die Furche zwischen den Plattenreihen auch zum Theil erkennbar, zum Theil wenigstens durch eine Linie angedeutet. Diese Furchen endigen (Fig. 7) in dieselben grösseren klaffenden Platten oder Doppelknoten, wie bei Quenstedt (Tab. 92, Fig. 19 u. 22) und Eck (1885. Taf. XXXIV. Fig. 1.), die mit den Mundplatten korrespondiren; drei davon sind allerdings nur blossgelegt. Näheres lässt sich über die Ambulakralplatten nicht angeben, da ihre Gestalt durch die Aetzung beeinträchtigt worden ist; soviel sich aber noch erkennen lässt, stimmen sie mit Quenstedt's Fig. 22 überein. Auf dem Querbruch eines der Arme kann man sich ungefähr die Seitenansicht noch ergänzen, obwohl sie mit unbedingter Sicherheit nicht zu erkennen ist. Fig. 8 giebt einen solchen Bruch, der hinter der 5. obern Randplatte stattgefunden hat, in doppelter Vergrösserung. Die Adambulakralplatten sind doppelt so breit als die obern Randplatten. Dieses Verhältnis kehrt sich aber um, wenn der Querschnitt näher der Armspitze genommen wird; Fig. 9 stellt den Bruch an einem andern Arme dar, der hinter der ersten obern Randplatte erfolgt ist.

Füllplatten sind auf der Oberseite zum Theil nachzuweisen, doch wenig im Zusammenhange. Ziemlich deutlich ist auf einem der Arme eine Reihe zu erkennen, die, an Grösse und Gestalt den obern Randplatten gleichend, diesen parallel läuft, indem sie hinter der Mitte des Arms beginnt und hinter der mehrerwähnten Palmette eine ähnliche kleinere zu bilden scheint. Die Scheibenmitte ist aber noch mit grösseren, vorstehenden, ziemlich unregelmässig an- und aufeinander liegenden Knoten und Körnern

bedeckt, ähnlich wie bei Quenstedt Fig. 19, und bei Eck 1885 Taf. XXXIV die ganze Oberseite. Der Winkel zwischen den Medianlinien je zweier Arme wird durch eine Linie solcher Knoten halbirt; sie hat etwa die halbe Länge des Scheibenradius, und von ihrem Endpunkt aus laufen grobkörnigere Knotenreihen nach den Medianlinien hin; so entsteht ein symmetrisches Viereck mit Diagonale; der vom Scheibencentrum abgekehrte Winkel ist sehr stumpf, beinahe 180°. Von Querreihen solcher Knoten auf den Armen sind noch Andeutungen vorhanden; ob die Knoten der Kreuzungsstellen vierhörnig sind, lässt sich nicht erkennen.

Von der Stachelbedeckung ist zufolge der Aetzung kaum mehr übrig geblieben als kleine Kreise oder Punkte, bisweilen auch Striche, theils vertieft, theils anders gefärbt als die Umgebung, bezüglich anders lichtbrechend. Auf der Oberseite der Arme wie der Scheibe finden sie sich nur sehr zerstreut, dagegen auf der Unterseite dicht. Auf den Adambulakral-, untern Rand- und äussern Füllplatten sind diese Punkte regelmässig zu 3—4 gereiht, auf den innern Füllplatten mehr zerstreut; in der Mundgegend sind einzelne niederliegende Stacheln zu unterscheiden; auch in der Ambulakralfurche stehen jederseits des in der Mitte verlaufenden Risses 2 Reihen solcher Punkte; wenigstens sind an mehreren Stellen 2 Punkte nebeneinander deutlich zu erkennen. Wir haben hier also 4 Tentakelreihen.

Den After nachzuweisen, hat bekanntlich seine Schwierigkeit. Nach der für lebende Asteriden geltenden Regel, dass er etwas rückwärts liegt, wenn man die Madrepore zur Rechten hat, findet man hier einen kleinen subcentralen, etwa 2 mm hinter dem Scheibencentrum gelegenen Porus, der entschieden in die Tiefe geht; ich zweifle nicht, dass er den After bildet, mit Bestimmtheit kann er aber nicht dafür angesprochen werden.

Wesentlich abweichend von Quenstedt's und Eck's Darstellungen ist beim hiesigen Exemplare die Madrepore. Das kleine Scheibchen von 3 mm Durchmesser, von welchem nicht etwa der Rand unter der umgebenden Kalkmasse verdeckt ist, wie ich mich durch vorsichtiges Eindringen überzeugt habe, darf vielleicht nur als Rest der ursprünglichen Madrepore gedeutet werden. Sie muss sich vom Körper des Thieres abgelöst haben, da sie 8 mm von ihm abgerückt ist und der Spalt zwischen Thier und Kalkumhüllung mittelst einer feinen Sonde bis unter die Madrepore hineinzufühlen gestattet. Nicht minder eigenthümlich ist das als

zweite Madrepore zu deutende kleinere Scheibchen am seitlichen Umfange, das 15 mm von der Körpergrenze abgerückt liegt. Die übrigen Eigenthümlichkeiten, wie die Palmette und die Knotenvierecke des Rückens, könnten vielleicht auch an den älteren Exemplaren durch Aetzung noch nachgewiesen werden.

II. Zur Vergleichung mit dem vorbeschriebenen Exemplar war mir dasjenige heranzuziehen gestattet, was sich in der paläontologischen Sammlung zu Jena befindet und schon von WALCH (die Naturgesch. d. Versteinerungen u. s. w. Th. III. 1771. S. 201. Taf. VII. b. Fig. 3 u. 4) abgebildet worden ist. Es findet sich bei QUENSTEDT erwähnt (Petref. Deutschl. I. Abthl. IV. Bd. S. 66) und in der Zeitschr. d. d. geol. Ges. XXX. 1878, S. 539, sowie XXXI. 1879, S. 266. Es liess „keine genaue Speciesbestimmung zu“ und es wurde nur „seine Zugehörigkeit zu Asterias cilicia als wahrscheinlich betrachtet“. Für die mir von Herrn Professor STEINMANN in zuvorkommendster Weise ertheilte Erlaubnis zur Bearbeitung und Vergleichung spreche ich hier den wärmsten Dank aus.

Diese Asterias ist in eine 2—3 cm dicke „fast sicher aus dem obern Muschelkalk“ stammende Kalkplatte von unebener Begrenzung eingeschlossen, und, wie das Apoldaer Exemplar, glockenförmig zusammengezogen; auf der einen Fläche der Platte ist die Oberseite der Scheibe sichtbar, aus der Gegenfläche ragen die Armenden hervor. Da die Abbildungen von WALCH zu einer genaueren Erklärung der Theile des Thieres nicht ausreichend deutlich sind, so gebe ich in Fig. 10 die Oberseite und in Fig. 11 die Unterseite, wie sie ursprünglich waren, möglichst genau wieder. Es ist jedenfalls ein stark verwittertes Exemplar.

Die Oberseite wird der Hauptsache nach von den sehr deutlich zu Tage liegenden Ambulakralplatten gebildet. Dieselben sind vollkommen glatt, ohne eine Andeutung von Stachelgelenkknötchen; sie sind so lang als die Adambulakralplatten, reichlich 1 mm, und die grössten 7 mm breit; in der Mitte und am Ende sind sie ein wenig seitlich zusammengezogen, mit gekieltem Rücken; der Kopf ist horizontal eingekerbt (Fig. 12*a* von oben, *b* von der Seite, in doppelter Vergrösserung). Stacheln finden sich in der Umgebung, doch nicht häufig. Von den Knoten und Körnern, die beim Apoldaer Exemplare und bei den Abbildungen QUENSTEDT's und ECK's die Scheibe bedecken, sind höchstens zusammengeschobene Haufen am Rande der Scheibe zu erkennen. Es liegen 3 Medianlinien bloss (Fig. 12, *m*); aber nur 2 davon enden in die bekannten

Doppelknoten; der dritte ist abgebrochen; dafür ist von einem der beiden bedeckten Arme diese Endplatte noch zu sehen. Ueber die Füllplatten der Rückenseite erhält man hier aber einigen Aufschluss. Die Felder zwischen den Ambulakralplatten sind — wenigstens in den Winkeln — von etwas schmäleren Platten (*p*) ausgefüllt, die in Parallelreihen den Ambulakralplatten entlang laufen; nur in dem linken Armwinkel sind beide Reihen zu erkennen, aber auch unzweifelhaft deutlich; sie lehnen sich in der Halbirungslinie des Armwinkels an eine dachfirstähnliche Doppelreihe von Platten an, die nach dem Scheitel des Winkels hin kleiner werden. Fünf Paare bilden die Firste; dem äusseren grössten Paar (Fig. 13) liegen seitlich noch einige ähnlich gestaltete Platten parallel auf. Diese Firste ist jedenfalls der Träger der oben erwähnten und von Eck beschriebenen nach dem Scheitel des Armwinkels führenden Knotenreihe gewesen.

Das Thier hat einen doppelten Druck erfahren, in senkrechter und in wagerechter Richtung; letzterer mag auch drehend gewirkt haben. Die Arme sind in der horizontalen Ebene gebogen, theils nach derselben, theils nach entgegengesetzter Richtung, und von oben nach unten sind sie mehrfach eingedrückt. Besonders schön ist die grosse, länglichsechseckige, am Rande feingekerbte und theilweise eingebuchtete Madreporenplatte; ihr grösster Durchmesser liegt aber nicht in einem Scheibenradius, wie beim Wehminger Exemplare, sondern fast senkrecht zu demselben. Ihre grösste Länge beträgt 11 mm; auch ist sie übrigens gebrochen, dreifach abgestuft und wahrscheinlich nicht der ganzen Länge nach erhalten. Ihre grösste Breite ist 9 mm. Den After aufzufinden, ist wegen der Verdrückung nicht möglich.

Ueber die Unterseite ist zur Erklärung der Fig. 11 nur wenig zu sagen. Die Armenden sind, wo sie aus dem Gestein heraustreten, scharf umgebogen und abgeflacht. Die Armfurche ist sehr breit, 7—8 mm; die Ambulakralplatten liegen nur wenig tiefer als die Adambulakralplatten und sind zum Theil gebrochen. Das sind die Wirkungen des Drucks, der in senkrechter Richtung stattgefunden hat. An den Spitzen der Arme und an den Kniebiegungen sind die Adambulakralplatten noch mit wohlerhaltenen Stacheln dicht besetzt; ihre Länge beträgt 3—4 mm, und zwar sitzen, wie bei Eck (a. a. O. S. 818), die kürzern an den Armspitzen; dass sie von aufeinanderfolgenden Adambulakralplatten mit einander alterniren, ist sehr wahrscheinlich. Die von Stacheln entblössten tragen eine Reihe von Knötchen oder Warzen, deren

meist 8 erkennbar sind. Die Ambulakralplatten zeigen doppelt vergrössert die Ansicht von Fig. 12*c*.

Alles übrige war vom Gestein verdeckt; ich habe aber durch Präparation nachgeholfen, um die zur Speciesbestimmung nötigen Merkmale festzustellen. An dem Arme *a* (Fig. 11) habe ich die ventralen Randplatten freigelegt; sie setzen bei der 15. Adambulakralplatte ein. Ich habe dann am Arme *b*, nahe der Spitze, auch 4 obere Randplatten entblösst; sie sind etwas kürzer als beim Apoldaer Exemplare; auf diese 4 kommen nur 7 Adambulakralplatten; nach gleichem Verhältnis wie dort müssten es 10 sein. Ob sie bis in den Armwinkel hinein sich fortsetzen, lässt sich freilich nicht wohl nachweisen; wenn es auch nicht schwer wäre, den ganzen Arm blosszulegen, so würde sich doch der Verlauf der Platten voraussichtlich nicht verfolgen lassen, weil der Arm sehr verdrückt ist. Um die Scheibenplatten der Bauchseite aufzudecken, musste eine halbkugelige Vertiefung von 20 mm Radius ausgeschachtet werden. Dabei hat sich zunächst beiderseits vom Arme *a* die Fortsetzung der ventralen Randplattenreihe bis in den Armwinkel ergeben; sodann hat sich gezeigt, dass der erwähnte senkrechte Druck die Arme in doppeltem Knie gebogen oder eigentlich gebrochen hat, wie Fig. 14 in schematischem Durchschnitt zeigt. Zufolge dieses Drucks ist die Scheibe aber auch mehrfach gesprungen; es führen solche Sprünge von der Mundgegend nach den Interbrachialwinkeln und nach den Armrinnen hin; es laufen deren auch quer über die Armfurchen weg. Die Verschiebungen in der Richtung vom Mund zum After, die für die Oberseite schon erwähnt wurden, haben sich auch den Platten der Unterseite mitgetheilt; daher konnte nicht gleichmässig bis zu derselben Tiefe ins Gestein eingedrungen werden, wenn das Stück nicht beschädigt werden sollte. Die Drehung oder der seitliche Druck ist ebenfalls auf der Bauchseite erkennbar. Die Adambulakralreihen des Armes *a* sind zweimal im Knie gebogen, ebenso diejenigen des nicht ganz freigelegten Nebenarmes. Der Arm *a* würde, wenn man die Glocke zur Ebene ausstrecken könnte, die Fig. 15 zeigen; ich muss diese Form der Darstellung wählen, da die perspektivische zu undeutlich werden würde. Wenn man die Unterseite mit der Oberseite vergleicht und die eingedrückten oder vorspringenden Stellen beider Seiten aufeinander bezieht, so kann man sich ziemlich sicher in dem scheinbaren Plattengewirr zurecht finden. Die linke Adambulakralreihe ist deutlich zu verfolgen, wenn auch ihr Verlauf auf eine Strecke nur an den Stacheln zu erkennen ist; die rechte Reihe

ist noch mehr gestört. Die Furche wird nach dem Munde hin schmal; *r* sind die ventralen Randplatten; über die Anordnung der Füllplatten, *f*, lässt sich nur sagen, dass sie mehr der Adambulakralreihe parallel zu laufen scheinen. Die dreieckigen Oralplatten scheinen scharfe Ecken zu besitzen.

Die Dimensionen sind nicht unbeträchtlich grösser als beim Apoldaer Exemplare, das — die Armspitzen ausgenommen — ungefähr mit dem Wehminger übereinstimmt; es ist jedenfalls das grösste aller bekannten. Die Arme lassen sich zwar unmittelbar nicht vollständig messen, aber aus den messbaren geraden Strecken nebst der auf sie entfallenden Plattenzahl und aus der gesammten Plattenzahl ziemlich genau berechnen; danach ist der Armradius ca. 60 mm. Der Scheibenradius misst sich direkt, nämlich als Sehne *ur* der Fig. 16, in drei Richtungen = 20, 22, 25 mm; unter Berücksichtigung des Bogens ergeben sich daraus 24—28 mm. Die Armbreite am Grunde muss konstruirt werden; sie beträgt 28—30 mm, an der Spitze, unmittelbar vor der Rundung, 15 mm. Die Ambulakral- und Adambulakralplatten sind durchschnittlich etwas länger als 1 mm, bei 4 mm Breite. Hiernach müsste dieses Exemplar etwas schlanker gewesen sein, d. h. verhältnismässig tiefer eingeschnittene und schmälere Arme gehabt haben als die von Apolda, Crailsheim und Wehmingen; vielleicht kann aber der Scheibenradius rücksichtlich des Knies noch einige Millimeter grösser genommen werden; dann schwindet auch dieser Unterschied.

So genau, als man nur wünschen kann, stimmen alle vier Exemplare auch in den Verhältnissen überein, in denen die Anzahl der verschiedenen Plattenarten zur Länge der Arme oder überhaupt zur Grösse des Thieres steht. Nur das Exemplar vom Ettersberg weicht in dieser Beziehung etwas ab; es hat neben den etwas längeren Ambulakral- und Adambulakralplatten wesentlich kürzere dorsale Randplatten für sich. Dies kann aber schwerlich von Bedeutung sein gegenüber den übereinstimmenden Merkmalen: eine Reihe ventraler Randplatten, die hinter der Armspite einsetzen und bis in den Armwinkel verlaufen, eine Reihe dorsaler Randplatten, die wenigstens von doppelter Länge der Adambulakralplatten sind, und die dichte Stachelbedeckung der Unterseite. Es dürfte somit die Zugehörigkeit dieses Fundstücks zu Asterias cilicia Qu. genügend nachgewiesen sein. Eigenthümlich, d. h. an den andern nicht nachgewiesen, hat dasselbe aber die Parallelreihe von Rückenfüllplatten, die Platten in der Halbirungslinie des

Armwinkels, und die Platten, welche sich am Ende dieser Linie seitlich an dieselbe anlegen, vielleicht auch den Verlauf der Bauchfüllplattenreihen parallel den Adambulakralplatten. Uebrigens wäre es nicht undenkbar, dass auch diese besonderen Verhältnisse bei den anderen Exemplaren durch fortschreitende Verwitterung zum Vorschein kämen.

Anmerkung. Die vorstehende Arbeit war schon längere Zeit druckfertig, als mir Eck's Beschreibung des Wehminger Exemplars zu Händen kam. Die kurz gemessene Zeit erlaubte keine Umarbeitung mehr; ich konnte diese neue Mittheilung nur noch nachträglich berücksichtigen.

Erklärung der Figuren.

Tafel XXII.

1. Exemplar von Apolda, bearbeitete Seitenansicht; $\frac{1}{1}$.
2. „ „ „ bearbeitete Bauchseite; $\frac{1}{1}$.
3. „ „ „ Armspitze; $\frac{3}{2}$.
4. „ „ „ dorsale Randplattenreihe eines Armwinkels; wenig vergrössert.
5. „ „ „ schematische Darstellung eines gestreckten Armes.
6. „ „ „ Füllplatten der Bauchseite eines Armwinkels.
7. „ „ „ freigelegter Rücken mit den Knotenvierecken; *m* Madrepore; $\frac{1}{1}$.
8. „ „ „ Querdurchschnitt eines Armes hinter der 5. obern Randplatte; $\frac{2}{1}$.
9. „ „ „ derselbe hinter der 1. obern Randpl.; $\frac{2}{1}$.
10. „ vom Ettersberg, Rückenseite; *m* Medianlinien, *p* die Parallelreihen der Füllplatten; $\frac{1}{1}$.
11. „ „ „ ursprüngliche Ansicht der Unterseite.
12. „ „ „ Ambulakralplatten, *a* von oben, *b* von der Seite, *c* dieselben vom Arm *a* der Unterseite; $\frac{2}{1}$.
13. „ „ „ Endplatten der Halbirungslinie des Armwinkels; $\frac{2}{1}$.
14. „ „ „ schematischer senkrechter Durchschnitt; $\frac{3}{4}$.
15. „ „ „ Ansicht eines Armes der blossgelegten Bauchseite; *r* ventrale Randplatten; *f* Füllplatten.

Ergebnisse eines zoologischen Ausfluges an die Westküste Norwegens

(Alvoerstrømmen bei Bergen).

Von

Dr. Willy Kükenthal und **Dr. Bernhard Weissenborn,**

Assistenten am zoologischen Institute der Universität Jena.

In Folgendem beabsichtigen wir keineswegs, neue Beiträge zur Kenntniss der Littoralfauna Norwegens zu geben, sondern wollen uns vielmehr darauf beschränken, eine Uebersicht der von uns in der Zeit vom 20. August bis 1. October 1885 daselbst gedredschten Arten, — soweit ihre Bestimmung bis jetzt möglich war — zu geben. Wir hielten eine derartige Uebersicht, sowie einige Bemerkungen aus dem Grunde einer Veröffentlichung nicht für unwerth, weil wir einestheils aus Erfahrung wissen, dass es einem am Meeresstrande arbeitenden Zoologen eine grosse Erleichterung gewährt, einen Ueberblick über die zu erwartenden Dredschresultate zu haben, und weil wir anderentheils auf den grossen Thierreichthum der nordischen Fjorde, namentlich Alvoerstrømmen's aufmerksam machen wollten. — Für reichlich gewährte Unterstützung sind wir sowohl unserem verehrten Lehrer, Herrn Prof. E. Haeckel, als auch den Herren vom Museum zu Bergen, Herrn Prof. Danielssen und Herrn Conservator Nansen zu grösstem Danke verpflichtet.

Der Hof Alvoerstrømmen, von welchem aus die Dredschen unternommen wurden, liegt mehrere Seemeilen nördlich von Bergen auf der Insel Radoe. Der Aufenthalt daselbst ist um so angenehmer, als der Besitzer des Hofes, Herr J. Rasmussen, durch den öfteren Aufenthalt von Zoologen die Anforderungen derselben kennen gelernt hat und in liebenswürdigster Weise bemüht ist, denselben gerecht zu werden.

Bevor wir zu einer Aufzählung der einzelnen Gruppen und Arten übergehen, dürften einige Worte über die Methode der Conservirung nicht ganz unangebracht erscheinen. Der Gesichtspunkt, welcher uns bei der Conservirung der Mehrzahl der Thiere leitete, war weniger der, äusserlich gut erhaltene Exemplare zu bekommen, als vielmehr der, in den gesammelten Thieren ein brauchbares Material für histologische Untersuchungen zusammenzubringen. — Bei vielen Thieren machte sich die Nothwendigkeit geltend, vor der eigentlichen Conservirung eine Narkose hervorzurufen, um plötzliche Contractionen, Zerreissungen, Krümmungen u. s. w. möglichst zu verhüten. Es wurde zu diesem Zwecke die in der zoologischen Station zu Neapel zuerst versuchte Betäubung mittelst Chloralhydrat (1 : 500 bis 1 : 2000) mit grösstem Erfolge bei Thieren der verschiedensten Gruppen in Anwendung gebracht. Ausserdem gab bei Anneliden die bereits länger bekannte Methode des langsamen Zufliessens von Alkohol sehr gute Resultate.

Zoophyta.

Was die Conservirung der Zoophyten betrifft, so wandten wir bei den einzelnen Gruppen folgende Mittel an:

Spongien wurden in absolutem Alkohol aufbewahrt. — Für Hydroidpolypen sowie einige Anthozoen erwies sich das Uebergiessen der ausgestreckten Thiere mit heisser Lang'scher Mischung, einer gesättigten Lösung von Sublimat in Seewasser, vortrefflich. Nach kurzem Verweilen wurden die Thiere erst in Seewasser, dann in Süsswasser ausgelaugt, hierauf in schwächerem, später in stärkerem Alkohol gehärtet und endlich in ungefähr 70° Alkohol aufbewahrt. — Kleinere wie grössere Medusen wurden in einprocentiger Chromsäure, welcher einige Tropfen Ueberosmiumsäure zugefügt waren, fixirt und in einem Gemisch von Glycerin und 70° Alkohol aufbewahrt. — Actinien wurden nach vorhergegangener Betäubung mittelst Chloralhydrat ebenfalls mit Chromosmiumsäure fixirt.

Die von uns conservirten Arten vertheilen sich auf folgende Gruppen.

Porifera.

Calcispongiae: Sycon compressus. HAECKEL.

Ascandra variabilis. HAECKEL. und Andere.

Fibrospongiae: Verschiedene, nicht näher bestimmte Arten.

Anthozoa. *Alcyonium digitatum.* L., ungemein häufig.
Bolocera Tuediae. JOHNSTON.
Actinia clavata. RATHKE, häufig zwischen Radoe und Tweitoe.

Hydroidea. *Clava multicornis.* FORSKAL.
Stauridium productum. ALLM.
Tubularia larynx. ELLIS.
Tubularia indivisa. LINNÉ., wurde nur in Bognøstrømmen gefunden.
Campanularia flexuosa. HINKS.
Sertularia pumila. LINNÉ.
Sertularia abietina. LINNÉ.
Aurelia aurita. LINNÉ., sehr häufig.
Cyanea capillata. LINNÉ., oft in grossen Schaaren.

Ctenophorae. *Beroë.* L., sowie einzelne Vertreter anderer Gattungen.

Echinodermata.

Asteriden wurden direkt in 70° Alkohol gebracht oder erst mit heisser Sublimatlösung fixirt, um die Füsschen in möglichst ausgestrecktem Zustande zu erhalten. In gleicher Weise wurden Echiniden und Crinoiden behandelt. Bei den Holothurien dagegen bewährte sich eine vorherige Betäubung vermittelst Chloralhydrat vortrefflich. Denn während diese Thiere trotz aller angewandten Vorsichtsmassregeln (Zuhalten von Mund- und Afteröffnung mittelst Pincetten), selbst nach Injectionen von heisser Sublimatlösung, ihren Darm auswarfen, waren sie dazu nach einer Behandlung mit Chloralhydrat nicht mehr im Stande.

Asteroidea. Von Asteriden wurde äusserst häufig

Asteracanthion rubens. L. gefunden,

welcher auch in grösseren Tiefen [1]) vorkommt und dann häufig eine erstaunliche Grösse, über einen Fuss im Durchmesser, zeigt. — Auch der schwarze, braune oder violette, von J. MÜLLER als eigene Art aufgestellte, von andern Forschern nur als eine Varietät betrachtete

Asteracanthion violaceus. MÜLLER., war nicht selten; dagegen fand sich

---

[1]) Wurde bis zu 337 Faden Tiefe gefunden. (Zoolog. Ergebn. d. Nordseefahrt v. 21. Juli bis 9. Sept. 1872. Berlin 1874. pag. 117).

Astheracanthion glacialis. L. nur in einzelnen Exemplaren und nicht mit so starken seitlichen Stacheln, wie sie die aus dem Mittelmeer stammenden Individuen aufweisen. — Die von SARS [1]) aufgestellte, zwischen A. rubens und A. glacialis vermittelnde und als

Asteracanthion Mülleri. SARS. bezeichnete Form war ebenfalls in einigen Exemplaren vertreten.

Luidia Sarsii. DÜBEN og KOREN. wurde zwar an keinem Orte häufig, aber überall vereinzelt angetroffen, gewöhnlich in einer Tiefe von 10—20 Faden. An gewissen Stellen (Dyveholmen, Bognøstrømmen) fanden sich noch in geringerer Tiefe:

Cribrella sanguinolenta. O. F. MÜLLER.
Solaster endeca. L.
Solaster papposus. L., in grösserer Tiefe (bis zu 60 Faden):
Asteropsis pulvillus. MÜLL. & TROSCHEL.
Asterogonium phrygianum. M. & TR.
Asterogonium granulare. O. F. MÜLLER.
Stichaster roseus. O. F. MÜLLER.

Sehr häufig und fast überall wurden

Ophiolepis ciliata. MÜLL. & TROSCHEL, sowie
Ophiolepis scolopendrica. M. & TR. angetroffen, während sich
Ophiocoma nigra. O. F. MÜLLER. weniger zahlreich und
Ophiolepis filiformis. M. & TR. nur an einigen Orten (Dyveholmen, Askeland) und in grösseren Tiefen fand.

Crinoidea. Vertreter dieser Gruppen wurden nur an einem einzigen Orte (Bognøstrømmen) und einer Art:

Alecto petasus. DÜBEN. angehörig gedredscht.

Echinoidea. *Echinus esculentus.* L. war ebenso wie
Echinus droebachiensis. O. F. MÜLLER. überall anzutreffen.

Weniger häufig zeigte sich

Echinus miliaris. LESKE., selten dagegen
Echinus Flemmingii. FORBES. und
Echinus norvegicus. DÜBEN og KOREN.
Echinocyamus pusillus. O. F. MÜLLER.
Schizaster fragilis. DÜBEN og KOREN, und
Amphidetus ovatus. LESKE., als Vertreter der irregulären Seeigel fanden sich nur an einigen Orten, namentlich auf mit modernden Pflanzenresten bedecktem Grunde, dann aber oft sehr zahlreich (Quamme).

---

[1]) SARS: „Fauna littoralis Norvegiae". I. Heft 1846. pag. 56.

Holothurioidea. Geradezu überraschend ist das massenhafte Auftreten von Seewalzen. Vorzüglich ist es

Cucumaria frondosa. GUNNER., welche an mehreren Orten so zahlreich vorkommt, dass bei einer einzigen Dredsche mitunter gegen 60 Stück der bis fusslangen Thiere gehoben wurden. Von andern Arten fanden sich meist in grösserer Tiefe und weniger zahlreich:

Cucumaria Hyndmanni. FORBES.
Holothuria intestinalis. ASCANIUS u. RATHKE.
Holothuria punctata. O. F. MÜLLER.
Ocnus lacteus. FORBES.
Psolus squamatus. DÜBEN og KOREN.
Psolus phantapus. STRUSSENFELDT.
Thyone fusus. O. F. MÜLLER.
Thyone raphanus. DÜBEN og KOREN.
Synapta inhaerens. O. F. MÜLLER.

Ausserdem würde noch

Echinocucumis typica. SARS.

anzuführen sein, eine Holothurie, welche zwar 1885 nicht gedredscht, die aber von Dr. KÜKENTHAL 1883 in dem benachbarten Mangerfjorde in bedeutender Tiefe gefunden wurde.

Vermes.

Die Turbellarien wurden nach der Vorschrift LANG's mit heisser Sublimatlösung fixirt und es wurden mittelst dieser Methode recht gute Resultate erzielt. Auf gleiche Weise wurden auch die Nemertinen abgetödtet, nachdem dieselben zuvor mit Chloralhydrat (1 : 1000 Aqua) betäubt worden waren, um das sonst fast unvermeidliche Zerreissen dieser Thiere zu verhüten. Bei der Conservirung der meisten Anneliden empfiehlt sich mehr ein Einschläfern mittelst Alkohols. Auf das Meerwasser, welches die Thiere etwa handhoch bedeckte, wurde 70 ° Alkohol vorsichtig aufgegossen. In einem Zeitraum von 4 bis 5 Stunden hatten sich beide Flüssigkeiten gemischt, und der Alkohol hatte die auf dem Boden des Gefässes kriechenden Würmer derart betäubt, dass dieselben nicht mehr im Stande waren, energische Bewegungen auszuführen und mit Nadeln möglichst gerade ausgestreckt in einem mit 70 ° Alkohol gefüllten Wachsbecken fixirt werden konnten. Bei den Chaetopteriden bewährte sich indessen diese Methode nicht; dieselben wurden vielmehr durch Behandlung mit einpro-

centiger Chromsäure, welcher ein wenig Ueberosmiumsäure zugesetzt wurde, am besten erhalten. Die leicht zerbrechlichen Syllideen liessen sich, ähnlich wie die Turbellarien, nur durch Uebergiessen mit heisser Sublimatlösung unverletzt fixiren.

Turbellaria. Da eine genaue Bestimmung der Strudelwürmer nur an lebendem Material oder mittelst Schnitten auszuführen ist, beide Methoden aber der Umstände halber uns zu zeitraubend erschienen, unterblieb dieselbe bis jetzt. Wir müssen uns deshalb mit der Angabe begnügen, dass uns gegen 10 Arten aufgestossen sind.

Nemertini. Aus dieser Gruppe wurden nur zwei Arten bestimmt, die ziemlich häufig gedredschte

Borlasia striata. K. und die bei weitem seltenere

Meckelia annulata. Johnst.

Gephyrea. Ausser mehreren Arten der Gattung

Phascolosoma. F. S. Lkt. wurden an einer Stelle bei Dyveholmen häufig kleine Exemplare von

Bonellia viridis. Rolando. gedredscht. Letztere liessen sich am besten in kalter Sublimatlösung fixiren.

Annelida. Von den dieser Gruppe angehörigen Thieren liess sich nur ein Bruchtheil mit Sicherheit bestimmen, da uns die zu diesem Zwecke unumgänglich nothwendige Abhandlung von Levinsen über die norwegischen Anneliden, Gephyreen u. s. w. leider nicht zu Gebote stand.

Ophelia limacina. Rathke. und

Travisia Forbesi. Johnston. fanden sich ziemlich zahlreich und meist zusammen in schlammigsandigem Boden im Alvoersunde,

Ammotrypane aulogaster. Rathke. dagegen zumeist in grösserer Tiefe und in reinem Sande, ziemlich selten, aber an verschiedenen Stellen.

Clymene borealis. Johnston.

Praxilla praetermissa. Mmg.

Aricia norvegica. M. Sars.

Cirratulus borealis. Lam., sowie zwei andere Cirratuliden.

Siphonostoma plumosa. Rathke.

Siphonostoma uncinata. And. et Milne Edw., ferner noch zwei, bis jetzt nicht bestimmte Siphonostomen.

Terebella conchilega. Pall.

Venusia punctata. Johnston.

Pectinaria belgica. Pall.

Pectinaria granulata. Johnston, sowie eine dritte noch unbestimmte Pectinarienart.

Myxicola? Koch.

Aphrodite aculeata. L., in kleineren Exemplaren nicht selten.

Lepidonotus squamatus. L., häufig.

Dasylepis asperrima. Sars.

Leanira tetragona. Oerst., selten (Alvoersund).

Lumbriconereis? Blainville.

Eunice norvegica. L., häufig und überall.

Onuphis tubicola. Müller.

Nereis pelagica. L., sehr häufig.

Nephthys ciliata. Müller., selten (Alvoersund).

Glycera alba. Müller., häufig und überall.

Syllideen, mehrere Arten, selten.

Phyllodoce lamelligera. Johnston. und

Phyllodoce maculata. Müller., beide in wenigen Exemplaren von Dyveholmen.

Capitelliden,
Sabelliden, } in mehreren Arten.
Serpuliden,

Myzostomida.

Aus dieser Gruppe wurde ziemlich häufig

Myzostoma cirrifera. F. S. Leuckart., in Bognøstrømmen auf Alecto petasus. Düben og Koren. gefangen.

Bryozoa.

Moosthierchen wurden in grosser Zahl gefunden, doch wurde eine nähere Bestimmung bis jetzt nicht ausgeführt. Dieselben gehören vorzüglich folgenden Gattungen an:

Idmonea. Lam.

Alcyonidium. Lam.

Farrella. Ehrenberg.

Gemellaria. Sars.

Cellularia. Pallas.

Flustra. Lam.

Membranipora. Klain.

Cellepora. Fabr.

Retepora. Lam.

Brachiopoda.

Die Fixirung der Armfüsser wurde zum Theil durch Uebergiessen mit heisser Sublimatlösung, zum Theil durch direktes Einlegen in absoluten Alkohol bewirkt.

Terebratulina caput-serpentis. L., häufig.

Terebratulina septentrionalis. Couth., selten.

Waldheimia cranium. Müller., in mehreren Exemplaren. Alle drei Arten wurden nur in Bognøstrømmen gedredscht.

Tunicata.

Auch zur Fixirung der Mantelthiere bewährte sich eine heiss zur Verwendung kommende Lösung von Sublimat in Meerwasser, doch gab auch einfaches Abtödten mit 70° Alkohol gute Resultate.

Ascidiae simplices.

Ciona intestinalis. Linné., wurde nur in einigen Exemplaren gefunden, während sie im Jahre 1883 zu derselben Jahreszeit auf Laminarien äußerst häufig angetroffen wurde, wie Dr. Kükenthal und Herr Conservator Nansen constatirten.

Phallusia mentula. O. F. Müller., ziemlich häufig in Bognøstrømmen.

Phallusia virginea. O. F. Müller., seltener, wie auch

Phallusia prunum. O. F. Müller.

Phallusia conchilega. O. F. Müller., wenige Exemplare, wurde von der deutschen zoologischen Expedition in der Nordsee nicht gefunden [1]).

Phallusia patula. O. F. Müller., wurde nur in einem Exemplar gedredscht.

Phallusia pustulosa. Alder.

Corella parallelogramma. O. F. Müller., fand sich ungemein zahlreich auf Laminarien bei Dyveholmen.

Cynthia pomaria. Savig., sehr häufig bei Dyreholmen.

Cynthia echinata. Linné.

Cynthia aggregata. O. F. Müller.

Molgula arenosa. Alder. und Hanocock., wurde nur in wenigen Exemplaren zwischen Tweitoe und Quamme gedredscht.

Ascidiae compositae. Von zusammengesetzten Seescheiden wurden nur zwei Arten bestimmt.

---

[1]) loc. citat. pag. 212.

Botryllus Schlosseri. Pallas.

Botrylloides albicans. M. Edw., welche beide in Bognøstrømmen gedredscht wurden.

Mollusca.

Bei den Weichthieren kam mit dem größten Erfolge die Chloralhydratnarkose zur Anwendung. Zur Fixirung diente bei den Nacktschnecken Prikrinschwefelsäure nach Kleinenberg, bei den übrigen Weichthieren heisse Sublimatlösung.

Lamellibranchia.

Ostreacea. *Anomia ephippium.* L., häufig.
Anomia patelliformis. L., seltener.
Anomia aculeata. L., selten.
Ostrea edulis. L.
Pecten varius. L., ziemlich häufig.
Pecten aratus. Gmelin. } seltener.
Pecten islandicus. Müller. } seltener.
Pecten septemradiatus. Müller. } seltener.
Pecten tigrinus. Müller. } seltener.
Pecten striatus. Müller. } seltener.
Pecten vitreus. Chemnitz. } seltener.
Pecten maximus L., einzelne Schaalen.
Lima hians. Gmelin., ziemlich häufig.
Lima excavata. Fabr., wurde nur in einem Exemplar gefunden.

Mytilacea. *Mytilus edulis.* L., ungemein häufig.
Mytilus modiolus. L. } weniger häufig.
Mytilus phaseolinus. L. } weniger häufig.
Modiolaria discors. L.
Modiolaria nigra. Gray.

Arcacea. *Nucula nucleus.* L.
Nucula nitida. G. B. Sowerby.
Leda pernula. Müller.
Leda minuta. Müller.
Portlandia lucida. Lovén.
Portlandia frigida. Torell.
Arca pectunculoides. Scacchi.

Cardiacea. *Cardium edule.* L., häufig.
Cardium echinatum. L.
Cardium fasciatum. Montag.

Cardiacea. *Cardium minimum.* PHILIPPI.
Aphrodite groenlandica. CHEMN.
Cyprinacea. *Cyprina islandica.* L.
Nicania Banksii. LEACH.
Astarte sulcata. DA COSTA.
Veneracea. *Venus gallina.* L.
Tapes pullastra. MONTAG.
Lucinacea. *Lucina borealis.* L.
Axinus flexuosus. MONTAG.
Tellinacea. *Tellina pusilla.* PHILIPPI.
Psammobia tellinella. LAM.
Solenacea. *Solen ensis.* L., wurde lebend nicht gefunden, dagegen waren frische Schaalen häufig.
Cultellus pellucidus. PENN., wurde nur an an einer Stelle im Alvoersund gedredscht.
Myacea. *Lyonsia norvegica.* CHEMN.
Mya truncata. L. } Quamme.
Mya arenaria. L. }
Panopea norvegica. SPENGL.
Saxicava pholadis. L.

Solenoconchia.

Scaphopoda. *Antalis entalis.* SARS.
Antalis striolatus. STIMPS.

Ausserdem noch zwei Exemplare einer sehr stark gekrümmten Art, auf welche keine der Diagnosen passte.

Gastropoda.

Placophora. *Lepidopleurus alveolus.* M. SARS.
Lepidopleurus cinereus. L.
Lepidopleurus cancellatus. SOWERBY.
Lophyrius albus. L.
Boreochiton ruber. LOWE.
Boreochiton marmoreus. FABR.
Onchyoglossa. *Patella vulgata.* L., sehr häufig.
Nacella pellucida. L.
Acmaea testudinalis. MÜLLER.
Tectura viryinea. MÜLLER., häufiger.
Tectura rubella. FABR.
Lepeta caeca. MÜLLER.
Scutellina fulva. MÜLLER.
Rhipidoglossa. *Puncturella noachina.* L.
Machaeroplax obscura. COUTH.

Rhipidoglossa. *Gibbula cineraria.* L.
Trochus zizyphinus. L.
Trochus occidentalis. MIGH.
Margarita helicina. FABRICIUS.
Margarita groenlandica. CHEMN.

Taenioglossa. *Capulus hungaricus.* L.
Trivia europaea. MONT.
Lunatia Montagui. FORBES.
Lunatia intermedia. PHIL.
Natica affinis. COUTH.
Trichotropis borealis. BROD. u. SOWERBY.
Litorina litorea. L.
Litorina rudis. MATON.
Lacuna divaricata. FABRICIUS.
Turritella terebra. L.
Aporrhais pespelecani L.

Toxoglossa. *Clathurella linearis.* MONT.
Bela harpularia. COUTH.

Odontoglossa. *Pyrene rosacea.* GOULD.
Nassa incrassata. STRØM.
Buccinum undatum. L.
Sipho fusiformis. BROD.

Hamiglossa. *Trophon?* L.

Tectibranchia. *Acera bullata.* MÜLL., seltener
Philine aperta. L., weniger häufig.

Nudibranchiata. *Aeolis lineata.* LOVÉN., namentlich häufig in Bognøstrømmen und bei Dyvehomen.
Tritonia Hombergii. CUV.
Tritonia plebeja. JOHNST.
Polycera quadrilineata. MÜLL.
Doris aspera. ALD. u. HANCOCK
Doris? L., vorzüglich zahlreich bei Dyveholmen.
Ancula cristata. ALD. u. HANCOCK.

Cephalopoda. Aus der Gruppe der Kopffüsser wurden Vertreter nicht gefangen, doch fanden sich in mehreren Dredschen Eier mit ziemlich entwickelten Embryonen, welche der Gattung *Loligo.* LAM. anzugehören schienen.

Crustacea.

Die Krebsthiere wurden entweder mit heissem Alkohol oder mit Pikrinschwefelsäure fixirt, mit letzterem Mittel namentlich

solche, deren Hautskelett keine reichlichen Einlagerungen von Kalksalzen enthielt. Es wurden nur wenige Arten bestimmt, um eine ungefähre Uebersicht zu ermöglichen.

Copepoda. *Cetolichus finmarchicus.* GUNNER.
Notodelphys agilis. TORELL., und Andere mehr.

Cirripedia. Ausser den überaus häufigen Vertretern der Gattung
Balanus. LIST., fanden sich
Conchoderma aurita. SPENGL., in wenigen Exemplaren in Bognøstrømmen, sowie
Anelasma squalicola. LOVÉN., in der Haut einiger Squaliden (Spinax niger. BON.).

Amphipoda. *Amphithoë podoceroides.* RATHKE.
Leukothea articulosa. LEACH.
Gammarus locusta. L.
Anonyx ampulla. KRÖYER.
Idotea? FABRICIUS.
Ligia oceanica. L.
Leucon Nasica. KRÖYER.
Astacilla granulata. FL., und viele nicht näher bestimmte Arten.

Schizopoda. Mehrere nicht bestimmte Gattungen und Arten.

Decapoda.

Macrura. *Pandalus brevirostris.* RATHKE.
Crangon vulgaris. L.
Homarus vulgaris. M. EDW.

Anomura. *Munida rugosa.* FABRICIUS.
Galathea. FABR., mehrere Arten.
Pagurus Bernhardus. L.
Pagurus pubescens. KRÖYER.

Brachyura. *Hyas araneus.* L.
Stenorhynchus rostratus. L.
Cancer pagurus. L.
Portunus? FABR.
Carcinus maenas. L.

Ausserdem wurden noch Vertreter mehrerer anderer Gattungen, wie z. B.
Palaemon. FABR.
Hippolyte. LEACH., gedredscht.

Pycnogonida.

Als Fixirungsmittel für die Seespinnen kam Pikrinschwefelsäure nach KLAINENBERG, mit etwas einprocentiger Chromsäure versetzt, mit gutem Erfolge zur Anwendung. Es wurden gedredscht:

Nymphon longitarse. KRÖYER., nur in Bognøstrømmen und nicht selten.

Nymphon Stroemii. KRÖYER., an einer Stelle zwischen Radoe und Tweitoe in wenigen Exemplaren.

Pycnogonum littorale. O. F. MÜLLER., nur in einem Exemplar in Bognøstrømmen.

Pisces.

Kleinere Fische wurden in einprocentiger Chromsäure, grössere direkt in Alkohol fixirt. Von grossem Vortheil erwiesen sich Injectionen von 70 ⁰ Alkohol in Darm und Leibeshöhle. Ausser den von uns gelegentlich im Schleppnetz gefangenen wenigen Fischen wurde die Mehrzahl der übrigen auf dem Fischmarkt in Bergen gekauft, auf dessen Reichhaltigkeit aufmerksam zu machen wir nicht verfehlen wollen, und dessen Besuch behufs Ankaufs von Fischen wir nur anempfehlen können. Der Rest wurde von Fischern an Ort und Stelle gelegentlich erstanden.

Leptocardii. *Amphioxus lanceolatus.* YARREL., wurde nur in einem kleinen Exemplar im Alvoersund gefunden.

Cyclostomi. *Myxine glutinosa.* L., dieselbe wurde in grosser Menge an einer Stelle in ungefähr 120—150 Meter Tiefe gegefangen. Unter den Hunderten von Exemplaren, welche wir untersuchten, fanden sich nur Weibchen.

Selachii.

Holocephali. *Chimaera monstrosa.* L.

Plagiostomi. *Spinax niger.* BONAP.
Scyllium canicula. CUV.
Raja oxyrhynchus. L.

Teleostei.

Lophobranchii. *Siphonostoma typhle.* L.

Physostomi. *Clupea harengus.* L.
Argentina silus. NILSSON.

Anacanthini. *Morrhua aeglefinus.* CUV.
Morrhua callarias. CUV.

Anacanthini. *Merlangus merlangus.* Cuv.
Merlangus pollachius. Cuv.
Molva vulgaris Flem.
Coryphaenoides norvegicus. Gunner.
Platessa vulgaris Cuv.
Platessa latidens. Cuv.

Acanthopteri. *Labrus maculatus.* Bl.
Sebastes norvegicus. C. u. V.
Sebastes dactylopterus?
Cottus scorpius. Bl.
Gobius niger. L.
Cyclopterus lumpus. L.
Liparis vulgaris. Flem.
Annarhichas lupus. L.
Blennius gattorugine. Bonap.

Bioekographie, Museenpflege und Kolonialthierkunde.

Drei Abhandlungen verwandten Inhalts nebst einer Einleitung in die Biographie der Organismen.

Von

Dr. Wilhelm Haacke.

Zur Orientirung.

Förderung der Bioekographie, der Wissenschaft von der Haushaltsführung der lebenden Wesen, ist ein Hauptzweck der vorliegenden Blätter. Sie wollen diesen Zweck erreichen durch den Hinweis auf die hohe Bedeutung dieser Lehre für Wissenschaft, Volkserziehung und Pädagogik, aber auch durch Vorschläge zur ausgiebigen Beschaffung des Beobachtungsmateriales. Wie keine andere Wissenschaft sollte sich die Bioekographie der Theilnahme aller erfreuen, der Laien nicht minder als der Gelehrten, der Lehrer nicht weniger als der Forscher. Wie keine andere Wissenschaft aber auch bedarf die Bioekographie, soll sie blühen und Früchte tragen, der Theilnahme aller; vom Laien nicht minder als vom Fachgelehrten, vom Staatsmanne nicht weniger als vom Naturforscher werden wir auf thätige Hülfe rechnen müssen.

Zweck aller Wissenschaft ist die materielle, intellektuelle und moralische Förderung der Menschheit, die Sorge für Leib und Geist der Menschen, die Materialbeschaffung für die Befriedigung ihrer Bedürfnisse. Zur Pflege des Geistes sollen sich alle Wissenschaften vereinen; denn das dem Geiste am meisten Zusagende ist die Darbringung eines harmonischen Ganzen. Hat der Geist

erkannt, dass es nur eine Welt und nur eine Weltkunde giebt, so ist der Zweck der Geisteserziehung erreicht. Anders dagegen verhält es sich mit der Befriedigung der Bedürfnisse des Leibes. Wie zwar auch bei der Erziehung des Geistes zwischen Forscher und Volk der Lehrer tritt, so hier der Praktiker. Indessen der Lehrer wünscht ein Gesammtbild von den Resultaten der Einzelwissenschaften; dem Praktiker dagegen muss jede in Betracht kommende Wissenschaft ihre Ergebnisse in handlicher Form überreichen, denn genaueste Kenntniss der Einzelheiten ist Grundbedingung seines Erfolges. Den Einzelwissenschaften ist dadurch eine doppelte Aufgabe gestellt. Wollen sie die geistigen Bedürfnisse der Menschheit befriedigen, so müssen sie erkennen, dass sie nur Glieder der einen Gesammtwissenschaft sind; wollen sie des Praktikers Wirken ermöglichen, so muss sich jede ihr Arbeitsgebiet genau abgrenzen. Diese Doppelaufgabe ist keine leichte. Schon häufig ist es bei dem Versuch ihrer Lösung zu Kompetenz- und Grenzstreitigkeiten gekommen; schon manche Wissenschaft hat sich angemaasst, über andere in contumaciam abzuurtheilen, sie als theoretisch unbedeutend und als praktisch unbrauchbar hinzustellen. Einem solchen Zustande, der noch heute fortdauert, ein Ende zu machen, dazu wollen auch die nachstehenden Seiten einen Beitrag liefern. Nicht am wenigsten verachtet unter ihren Geschwistern ist die Bioekographie; desshalb möchte ich gerade sie einer unparteiischen Würdigung empfehlen, zumal sie ganz besonders geeignet ist, die Sorge für Volksbildung und Jugenderziehung zu übernehmen.

Unsere Aufgabe wird also zunächst in einer Begriffsbestimmung der Bioekographie bestehen, und wir werden, wollen wir uns dieser Aufgabe zur allseitigen Zufriedenstellung erledigen, nicht umhin können, ihr Verhältniss zu den ihr über- und untergeordneten Wissenschaften festzustellen. Aus der Begriffsbestimmung unserer Wissenschaft wird uns ihr Werth bald evident werden; wir werden sehen, was sie bei richtiger Behandlung zu leisten vermag. Wir werden aber auch erkennen, dass ihre Behandlung bisher eine durchaus ungenügende war, und dass die Pflege, welche man ihr angedeihen liess, in keinem Verhältnisse zu der Bedeutung der Bioekographie stand.

Die Pflege dieser Wissenschaft hat nach meiner Ansicht besonders durch die naturkundlichen Museen zu geschehen. Einer Besprechung der zweckmässigsten Einrichtung des Museenwesens

müssen wir desshalb einige Aufmerksamkeit zuwenden. Von den Vertretern der neueren Wissenschaft ist mancher schwere Tadel gegen die Museen geäussert worden, und wir müssen leider zugestehen, dass derselbe nicht ganz unbegründet gewesen ist. Andererseits hat das Volk seine Gunst mehr und mehr von den Museen ab- und den Thier- und Pflanzengärten zugewendet. Wenn wir den letzteren nun auch in weit erhöhtem Maasse die Gunst und den Besuch des Publikums wünschen, so können wir den Mangel an Theilnahme für die Museen doch nur lebhaft bedauern. Keine Institute sind so geeignet wie diese, die Wissenschaft ins Volk zu tragen, eine Wissenschaft, die in ihm lebendig werden und für das Volk, nicht minder aber auch durch die Theilnahme des Volkes für sich selbst die reichsten Früchte tragen kann. Freilich ist dazu eine theilweise Reorganisation des Museenwesens nöthig; in welchem Sinne diese Reorganisation stattzufinden hat, werden wir darzulegen haben. Wir werden sehen, dass die Museen sich zu Knotenpunkten eines über die civilisirte Erde ausgebreiteten Beobachtungssystemes entwickeln müssen.

Hieran wird sich die Erwägung reihen müssen, inwieweit auch in den noch uncivilisirten Ländern, die keine Museen besitzen, Centralstellen für Naturbeobachtung zu schaffen sind; denn längst ist es anerkannt worden, dass die meisten wissenschaftlichen Expeditionen den aufgewandten Kräften und Mitteln entsprechende Resultate nicht geliefert haben, ein Missverhältniss, das sich bei dem einzelnen Reisenden, er sei denn Endeckungsreisender, kaum besser gestaltet. Hier bietet nun der Umstand, dass drei mächtige Kulturstaaten Europas, England, Deutschland und Frankreich, neuerdings bedeutenden jungfräulichen Kolonialbesitz erworben haben, einen willkommenen Anknüpfungspunkt. Gerade in diesen neuen Kolonieen werden wissenschaftliche Stationen sich leichter errichten lassen, als in andern uncivilisirten Ländern, und unter diesen Stationen sind die bioekographischen in erster Linie zu berücksichtigen. In der Vergangenheit hat man die bioekographische Erforschung der Kolonieen äusserst vernachlässigt, und in manchen Kolonieen ist die einheimische Thier- und Pflanzenbevölkerung schon so decimirt worden, dass die Errichtung bioekographischer Stationen in manchen Beziehungen jetzt fast schon zu spät kommen würde. Um so mehr müssen wir darauf dringen, dass man es in den jungfräulichen Kolonieen von vornherein besser macht.

Wie die erwähnten Stationen beschaffen sein sollen, und wie durch andere Mittel die bioekographische Erforschung der Kolonieen in Angriff zu nehmen und durchzuführen ist, das werde ich in diesem Werkchen zu zeigen versuchen. Während aber die beiden ersten Abschnitte desselben nur theoretische Erwägungen bringen, während der dritte seine Vorschläge nur im Grundriss vorführt, werde ich im vierten, da mir die baldige Berücksichtigung meiner Vorschläge am Herzen liegt, einen mehr bis ins Einzelne durchgeführten Organisationsplan der zu verwendenden Kräfte und Mittel in Vorschlag bringen.

Meine bisherigen Bestrebungen haben sich vorwiegend auf dem Gebiete der Thierkunde bewegt. Ich bin allenfalls Zoologe, aber weder Botaniker, noch Geologe, noch auch Geograph. Dieser Umstand wird der vorliegenden Schrift einen besonderen Stempel aufdrücken müssen. Wenn ich auch in den beiden ersten Abschnitten von einem Eingehen auf specielle zoologische Gegenstände Umgang nehmen kann, dagegen im dritten schon vorwiegend die Zoologie zur Illustration meiner Vorschläge heranziehe, so muss ich mich im vierten auf diese Wissenschaft beschränken. Wohl steht es dem Vertreter einer Einzelwissenschaft zu, sich über das Verhältniss seiner Wissenschaft und ihrer Zweige zu anderen Wissenschaften klar zu werden; dagegen würde er sehr fehlen, wollte er die letzteren durch speciell formulirte Vorschläge zu fördern suchen, was ihm nur bei seiner Specialwissenschaft gestattet ist. Wenn ich also auch nicht vor dem Versuche zurückgeschreckt bin, das Verhältniss der Bioekographie zu andern Wissenschaften festzustellen, so darf ich in Fragen über den speciellen Ausbau des wissenschaftlichen Feldzugsplanes nicht über mein eigenes Fach hinausgehen. Dieser Plan kann indessen noch nichts Vollständiges liefern, und jenes Verhältniss wird auch noch fernerhin näher beleuchtet werden müssen. Dort wie hier rechne ich auf thätige Beihülfe einerseits meiner Fachgenossen, andererseits der Vertreter aller andern Wissenschaften.

Zunächst sollten auch Botaniker und Geologen, Anthropologen und Ethnologen ihre Pläne für die Reorganisation der Museen und die wissenschaftliche Erforschung der Kolonieen vorlegen. Die Geologen freilich brauchten sich damit weniger zu beeilen als die Vertreter der andern genannten Wissenschaften; denn die Erdrinde ist stabiler als Pflanzen-, Thier- und Völkerleben. Aus praktischen Gründen wird es der Geologie ohnehin nicht an baldiger Förde-

rung in den Kolonieen fehlen, wie denn auch die geologische Landesuntersuchung daheim schon lange das anstrebt, was für Botanik und namentlich für Zoologie noch kaum als Forderung besteht. Aus praktischen Gründen wird auch die Botanik mehr Förderung von den neuen Kolonisationsbestrebungen zu erwarten haben als die Zoologie. Gerade die letztere gilt als praktisch unnütze Gelehrsamkeit, ein Schicksal, welches es doppelt nothwendig macht, sie der wohlwollenden Theilnahme der Behörden, daheim wie in den Kolonieen, zu empfehlen. Uebrigens ist gerade ein Zoologe vermöge der Stellung der Zoologie im Kreise der Wissenschaften besser geeignet als mancher andere, auch die übrigen Wissenschaften mitzufördern.

In der vorliegenden kleinen Schrift habe ich mehrere ursprünglich getrennt entstandene schriftstellerische Pläne im Auszuge zur Ausführung gebracht. Gleichwohl bilden ihre Theile ein organisches Ganzes. Für fast jede ihrer Seiten lässt sich sagen, dass das Vorhergehende mit Rücksicht auf das Nachfolgende, das Nachfolgende mit Rücksicht auf das Vorhergehende geschrieben ist. Ich bitte desshalb meine Leser, mir mit Geduld der Reihe nach durch die einzelnen Abschnitte zu folgen.

Das Verhältniss der Biographie der Organismen zu über- und nebengeordneten und ihre Eintheilung in untergeordnete Wissenschaften.

Die Bioekographie, der wir demnächst einen besonderen Abschnitt widmen wollen, ist ein Theil der Biographie. Wollen wir das Wesen der ersteren verstehen, so darf uns das Wesen der letzteren nicht dunkel sein. Die Biographie ihrerseits ist ein Theil der Biologie; ihr Verhältniss zu den übrigen Theilen dieser Wissenschaft ist desshalb festzustellen. Die Biographie ist aber auch ein Theil der Geographie; wir müssen untersuchen, wie sie sich zu den übrigen Theilen dieser Wissenschaft verhält. Endlich sind sowohl Biologie und Geographie Theile der Geologie. Wollen wir uns also einen Ueberblick über alle in Frage kommenden Gebiete und einen Einblick in ihre gegenseitigen Beziehungen verschaffen, so erreichen wir unsern Zweck am leichtesten, wenn wir von der

umfassendsten der genannten Wissenschaften, der Geologie, ausgehen.

Unter Geologie verstehen wir die Gasammtwissenschaft von der Erde. Alles, was wir auf unserem Planeten beobachten können, ist ein Gegenstand der Geologie. Alle Vorstellungen, die wir uns von der Gegenwart und Vergangenheit der Mutter Erde und ihrer Kinder machen können, gehören dem Gebiete der Geologie, der allumfassenden Erdwissenschaft an. Es giebt nur eine solche Wissenschaft, welche sich mit der Erde beschäftigt; dieser Wissenschaft, nicht einem ihrer Theile, gebührt der Name Geologie.

Die Erde ist ein Stern unter Sternen. Für den Kreislauf der Sterne und für die Veränderungen der sie zusammensetzenden Stoffe, für ihr Sein und Werden, für ihre Gestaltungen und Umgestaltungen giebt es nur eine Gesetzsammlung. Die Gesetze dieser Sammlung sind erkannt und zusammengestellt von der Wissenschaft der Weltmechanik, die als Physik das Verhalten gleichartig gedachter Massen, als Chemie die Wahlverwandtschaft verschiedenartiger Atome, als Statik die Gesetze des Gleichgewichts, als Dynamik die der Bewegung zu erforschen sucht. Mit einem Worte, die Eigenschaften des Weltsubstrates sind das Objekt dieser Wissenschaft der Weltmechanik, der Kosmonomie, die jene Eigenschaften zu erkennen sucht vor allem durch das Experiment, aber auch durch die Beobachtung der sich selbst überlassenen Natur. Insofern nun, als auch die Geologie durch ihre Beobachtungen an der Erde einerseits die kosmonomischen Experimente zu bestätigen, andererseits die an andern Weltkörpern erschlossenen Gesetze zu ergänzen sucht, können wir eine Wissenschaft der Geonomie unterscheiden, deren Aufgabe also eine Physik und Chemie, eine Statik und Dynamik der Erde, ihrer Stoffe und ihrer mit Individualität begabten Komponenten sein würde. Es ist natürlich diese Wissenschaft ein Theil der Kosmonomie; denn ihr einziges Bestreben ist, die Gesetzsammlung der Kosmonomie zu vervollkommnen. Gleichwohl können wir sie auch als ersten Theil der Geologie bezeichnen.

Nach anderer Auffassung ist die Erde eine Maschine, die täglich von der Sonne geheizt wird, deren Wassercirkulation stetig vom Monde beeinflusst wird; aber eine Maschine, deren eine Hälfte im Sommer, deren andere im Winter die Hauptmasse des Lichtes und der Wärme erhält, und ein Körper, dessen Pulse zur Zeit

von Voll- und Neumond höher schlagen als sonst. Mit anderen Worten: die Erde bietet eine Kette periodischer Erscheinungen dar, und die einander gleichen Glieder dieser Kette müssen ein Gegenstand der Geologie werden. Es beschäftigt sich mit ihnen der zweite Haupttheil dieser Wissenschaft, die Geographie, welche die Erdmaschine bis in ihre Einzelheiten zu beschreiben hat. Da eine Maschine aber aufhört, Maschine zu sein, sobald sie still steht, gleich dem Hebel, der zum gewöhnlichen Stabe wird, sobald Kraft und Last aufhören, an ihm aufeinander einzuwirken, so hat die Geographie kein Augenblicksbild der Erdmaschine zu liefern; vielmehr ist es ihre Aufgabe, sämmtliche Bilder, welche die Erde zu verschiedenen Jahres-, Mondes- und Tageszeiten darbietet, in Causalnexus zu bringen, jedes derselben als durch das vorhergehende bedingt, das folgende bedingend nachzuweisen und darzuthun, wie nothwendigerweise jedes einzelne Bild nach einer bestimmten Periode wiederkehren muss.

Endlich aber können wir die Erde betrachten als ein Kind der Sonne; ein Kind, das einstmals jung und ungemodelt war, wie seine Mutter es noch heute ist, das gegenwärtig gesetzt und gereift seine Bahnen wandelt und das dereinst vielleicht als Leiche seine Mutter umkreisen wird, wie es schon heute selbst von der eigenen Kindesleiche, dem Monde, umkreist wird. Es hat auf der Erde ein stetiges Sichentfernen vom Anfangszustande den oben besprochenen Wechsel der Perioden begleitet und durchdrungen, und wollen wir diese stetige Metamorphose und jenen Rhythmus erklären, so müssen wir beide in der Wissenschaft streng auseinanderhalten und neben der Geographie die Geogenie unterscheiden.

Die Geogenie beschäftigt sich mit der Geschichte der Erde; von der Periodicität der Erderscheinungen handelt die Geographie; die Weltgesetze in Erdgeschichte und Erdrythmus lehrt die Geonomie kennen. Diese drei Wissenschaften sind die theoretisch unterscheidbaren Hauptzweige der Erdwissenschaft, ergänzen sich gegenseitig und sind alle drei unentbehrlich.

Für die Praxis der Naturforschung indessen ist es zweckmässig, für die Eintheilung der Geologie in untergeordnete Wissenschaften einem andern Principe zu folgen. Als das zweckmässigste argumentum divisionis hat man schon längst die Verschiedenartigkeit des Aggregatzustandes der Materie erkannt. Ist die Reihe der Modificationen des Aggregatzustandes auch eine unendliche, so

hat sich die Unterscheidung von vier Hauptformen desselben doch als für die Praxis ausreichend bewährt.

Wir unterscheiden einen festen, einen gequollenen, einen tropfbar-flüssigen und einen luftförmigen Aggregatzustand. Am festen Erdskelet, der Stereogaea, wie wir es nennen können, tritt uns der feste, an den Thieren und Pflanzen, welche in ihrer Gesammtheit die Biogaea bilden, der quellbare, an der Wasserhülle der Erde, der Hydrogaea, der tropfbar-flüssige, an ihrer Atmosphäre, der Aerogaea, der luftförmige Aggregatzustand entgegen. Demgemäss unterscheiden wir eine Stereologie und Biologie, eine Hydrologie und Aerologie der Erde.

Wir müssen diese Wissenschaften im einzelnen betrachten und, wollen wir unser theoretisches Eintheilungsprincip der Geologie als berechtigt darthun, zu zeigen versuchen, dass jede der vier dem gleichen Eintheilungsprincipe folgt.

Am deutlichsten tritt uns dieses an der Biologie entgegen, wesshalb wir zweckmässigerweise mit ihr beginnen.

Bau und Leben des thierischen und pflanzlichen Organismus sind unveränderlichen Gesetzen unterworfen. Das gilt sowohl von der Gestaltung und Gruppirung der organischen Substanzen und Individuen, von ihrer Wechselwirkung unter einander wie von der Wechselwirkung des organischen Substrates und des organischen Individuums mit der umgebenden Natur, mit Luft, Wasser und Erdboden. Diese Gesetze nun können keine andern sein als physikalische und chemische. Theils können wir die Gesetze des Lebens auch auf andern Gebieten kennen lernen, sowohl durch Experiment wie durch Naturbeobachtung, theils offenbaren sie sich ausschliesslich am Organismus, denn der Bau der Organismen ist weit komplicirter als der Bau der Anorgane, sowohl der architektonische Bau des organischen Individuums wie der chemische Bau der organischen Molekel. Gleichwohl herrschen physikalische und chemische Gesetze ausschliesslich auch im Organismenreiche, in der Biogaea. Sie uns kennen zu lehren, theils als alte, theils als neue Freunde, ist die Aufgabe der Bionomie. Dieselbe erforscht die allgemeine Mechanik des biogaeischen Processes; sie stellt die Gesetze zusammen, welche diesen Process, im grossen wie im kleinen, beherrschen, beherrscht haben und beherrschen werden. Sie ist die Physik und Chemie, die Statik und Dynamik der Lebewelt.

Doch nur klein kann die bionomische Gesetzsammlung sein, denn die meisten ihrer einzelnen Satzungen gelten gleichmässig

für viele Organismen. Gross und verwickelt aber ist das Maschinengetriebe der Biogaea. Klein ist ja auch nur die Anzahl der einfachen Maschinen; es giebt nur deren sechs; aber komplicirt ist die Uhr, die Mühle, die Dampfmaschine, und gross ist die Anzahl der verschiedenen Uhren, Mühlen, Dampf- und anderen Maschinen. Desshalb stellen wir der allgemeinen Mechanik eine beschreibende Maschinenkunde, der Bionomie eine Biographie gegenüber. Mögen wir auf die gesammte Biogaea oder auf ein einzelnes Thier- oder Pflanzen-Individuum, auf ein ganzes Organsystem oder auf eine einzelne Zelle unsern Blick richten, überall tritt uns die Periodicität des Erdenlebens neben der Mannichfaltigkeit der Erscheinungen entgegen. Ich erinnere an die Ausdehnung und Zusammenziehung des Herzens, an das Ein- und Ausathmen der Lungen, an den Wechsel von Hunger, Nahrungsaufnahme und Sättigung, von Schlafen und Wachen; aber auch an den Wechsel von Wachsthum, Ruhezustand und Theilungsprocess der Zellen und nicht minder an das Erwachen des Pflanzen- und Thierlebens im Frühlinge, an sein Ersterben im Herbst und seine Ruhe im Winter; endlich an die Entwickelung des jungen Vogels im bebrüteten Ei, an sein Ausschlüpfen und Flüggewerden, sein Fortziehen im Herbste, seine Rückkehr im Frühjare, sein Liebeswerben, Nestbauen, Eierlegen und Brüten. Dieser Rhythmus aller Lebenserscheinungen geht so weit, dass es uns schwer wird, irgendwo seine Nichtexistenz nachzuweisen. Seine Erforschung fällt der Biographie zu. Sie soll uns nicht nur zeigen, wie verschiedenartige Thiere und Pflanzen auf der Erde verbreitet, wie verschiedenartige Organe im Körper vertheilt und angeordnet sind in einem gegebenen Momente, sondern sie soll uns alle Momente im Leben der Biogaea wie des Individuums, im Wechsel der Monate, Tage und Stunden nicht minder wie im Wechsel der Generationen in zusammenhängender Reihe vorführen und uns zeigen, warum die Konstellation der Erscheinungen in einem gegebenen Momente das Resultat derjenigen des vorhergehenden Momentes ist. So werden die bionomischen Gesetze von der Biographie verwerthet, so werden die Erscheinungen der Lebewelt mit dem Kreislauf und der Axendrehung der Erde verknüpft.

Die Biographie ist, will sie nicht in Verwirrung gerathen, gezwungen, eine Gleichheit der Perioden in den Erscheinungen des Lebens anzunehmen. In Wirklichkeit aber existirt eine solche Gleichheit nicht. Vielmehr kommen häufige Störungen vor, welche

das Getriebe der Biogaea dauernd ändern. Die Organismenwelt hat nicht minder eine Geschichte wie die Erde selbst; ein Blick auf die Versteinerungen lehrt uns dieses. Die Geschichte der Biogaea zu erforschen ist die Aufgabe der Biogenie. Sie zeigt, dass die Lebewelt der Erde sich stetig ihrem gegenwärtigen Zustande genähert hat.

Dass es sich auch in der Aërologie und Hydrologie zunächst um die Feststellung der Gesetze, welche die Bewegungen und Gleichgewichtszustände der Luft und des Wassers regeln, weiterhin aber um die Erkenntniss der periodischen Bewegungen in der Atmosphäre und Hydrosphäre handelt, ist leicht ersichtlich. Dem entsprechend unterscheiden wir eine Aëronomie und Hydronomie, eine Aërographie und Hydrographie.

Weniger leicht ersichtlich ist dagegen die Existenz eines historischen Bewegungsprocesses sowohl in der Aërogaea wie in der Hydrogaea und demgemäss die Existenz-Berechtigung einer Aërogenie und Hydrogenie. Die Molekeln in Luft und Wasser sind ja so leicht gegeneinander verschiebbar, dass sich Aërogaea und Hydrogaea ohne Umstände den Veränderungen in der Stereogaea anpassen. Wenn es demnach auch feststeht, dass Luft und Wasser sich ehemals in anderen Bahnen bewegten als heute, so könnte es gleichwohl auf den ersten Blick als möglich erscheinen, sämmtliche Bewegungen, welche heute in der Atmosphäre und Hydrosphäre stattfinden, aus den gegenwärtigen astrographischen und stereographischen Verhältnissen der Erde zu erklären ohne Rücksichtnahme auf frühere Verhältnisse. Die Stereogaea mit ihrer treuen Urkundensammlung der Erdgeschichte und die Biogaea, in welcher das konservative Princip der Erblichkeit herrscht, drängen uns Räthsel auf, die ohne eine Stereogenie und Biogenie nicht zu lösen sind; mit der Aërogaea und Hydrogaea scheint es dagegen anders zu sein. Wir dürfen indessen nicht vergessen, dass hier das Beharrlichkeitsgesetz ebenso seine Herrschaft ausübt, wie dort. Freilich ist die Frage, um welche es sich hier handelt, mehr von principieller als von praktischer Bedeutung; aber im Princip müssen wir zugestehen, dass sich die Bewegungen in der Aërogaea und Hydrogaea nicht simultan mit Aenderungen in der Stereogaea geändert haben können. Die Unruhe des Meeres dauert noch nach dem Orkan an, und noch lange ist die Wasserbahn sichtbar, auf welcher ein Dampfer dahingebraust ist. Wie im Wasser, so ist es in der Luft; im Bereiche dieser wie im Bereiche des Wassers muss es noch heute Bewe-

gungen geben, welche vermöge der Beharrlichkeit aus früheren Zeiten stammen, und welche Aërographie und Hydrographie nicht zu erklären vermag. Ob diese Bewegungen für uns wahrnehmbar sind, ist principiell gleichgültig; das theoretische Bürgerrecht können wir der Aërogenie und Hydrogenie nicht verweigern. Uebrigens würde es, auch wenn Aërologie und Hydrologie für ihre eignen Zwecke historische Forschungen entbehren können, ein dankeswerthes Unternehmen sein, wenn Aërologen und Hydrologen im Vereine mit Stereologen hypothetisch die Luft und Wasserbahnen früherer Phasen der Erdgeschichte rekonstruiren wollten. Manches, was in der gegenwärtigen Verbreitung der Organismen unverständlich ist, würde sich dann vielleicht erklären lassen; sind doch Luft und Wasserströmungen wichtige Verbreitungsmittel für Thiere und Pflanzen.

In der Stereologie der Erde ist die Unterscheidung einer Stereonomie sofort einleuchtend. Sie hat die chemischen und physikalischen, statischen und dynamischen Gesetze der festen Körper, insofern sie auf die Erdwissenschaft Anwendung finden, zu sammeln. Dass wir auch eine Stereogenie unterscheiden müssen, ist ohne weiteres klar; wir brauchen nur einen Blick auf die Schichten der Erdrinde zu werfen, die uns ohne historische Betrachtungen unverständlich bleiben. Der Stereographie dagegen müssen wir einige Worte widmen.

Wir haben die Aërogaea, die Hydrogaea und die Biogaea gewissermaassen als Maschinen aufgefasst, welche rhythmische Bewegungen ausführen und zu ihrem Verständnisse der Aërographie, Hydrographie und Biographie bedürfen. Der Zweck unserer Betrachtungen ist ferner der Nachweis des Parallelismus der vier Wissenschaften, welche wir nach dem Aggregatzustande der Materie in der Geologie unterscheiden. Nun ist es aber fraglich, ob die Stereogaea rhythmische Bewegungen ausführt, ob demnach die Stereographie mit Aërographie, Hydrographie und Biographie in Parallele gestellt werden kann. Selbstverständlich können wir eine Stereographie nicht entbehren, denn für die Zwecke der Stereonomie und Stereogenie, der Biographie, Hydrographie und Aërographie bedürfen wir ihrer. Diese Wissenschaften müssen eine sorgfältige Beschreibung des gegenwärtigen Zustandes der Stereogaea besitzen. Aber die Frage nach dem Parallelismus der vier Wissenschaften ist damit nicht erledigt. Indessen hält es nicht schwer, ihn nachzuweisen. Wenn wir die periodischen Bewegungen

in Wasser-, Luft- und Organismenreich als unveränderlich auffassen und sie demgemäss durch eine Wellenlinie mit gleichen Kurven darstellen können, so lässt sich die nach stereographischer Anschauungsweise sich stets gleichbleibende Stereogaea durch eine gerade Linie darstellen; in eine solche lässt sich aber eine Wellenlinie unserer Art überführen durch stetige Verkleinerung der Wellenweite. Diese Betrachtung macht uns den Parallelismus der Stereographie mit den drei übrigen Wissenschaften evident. Die Geographie hat zum Gegenstande nicht nur das, was auf der Erde periodische Bewegungen ausführt, sondern auch das, was in steter Ruhe verharrt. Uebrigens ist die Frage nach periodischen Bewegungen der Stereogaea nicht erledigt; wir brauchen nur an die behauptete Periodicität der Erdbeben zu denken.

Wir sehen also, dass sämmtliche Wissenschaften, die es mit der Erde zu thun haben, mit einander korrespondirende Theile einer umfassenden Erdwissenschaft, der Geologie, sind. Die Geonomie zerfällt in Stereonomie, Bionomie, Hydronomie und Aëronomie; entsprechend zerfallen Geographie und Geogenie in je vier untergeordnete Wissenschaften. Charakterisiren wir die Geologie als die Panodologie der Erde, die Wissenschaft, welche uns das gesammte Thun und Treiben der Erde, ihrer Bestandtheile und ihrer Bewohner auf allen ihren Wegen vorführt, so können wir die Geonomie, Geographie und Geogenie entsprechend als Monodologie, Periodologie und Epiodologie der Erde kennzeichnen. Die Monodologie lehrt uns das Einzelgeschehen, den einzelnen Schritt und das ihn beherrschende Gesetz kennen; die Periodologie handelt von den in sich zurücklaufenden Wegen der Erdstoffe, von dem Kreislauf der Stoffe auf der Erde; die Epiodologie endlich von der Ersetzung alter Wege durch neue.

Aber nicht nur aus Betrachtungen wie die obigen geht die Einheitlichkeit der Panodologie der Erde hervor; vielmehr wissen wir schon ohnehin, dass Stereologie, Hydrologie und Aërologie nicht ohne einander und auch kaum ohne die Biologie bestehen können, wie die Biologie jene andern Wissenschaften nicht entbehren kann. Solange die Erde bestand, war sie ein Individuum, und solange sie besteht, wird sie es bleiben; hört sie auf ein Individuum zu sein, so hört sie auf zu existiren.

Hier können wir das Gebiet der Gesammtgeologie verlassen, um uns demjenigen der Biographie, deren Stellung zu über- und nebengeordneten Wissenschaften aus dem Bisherigen hervorgeht, allein zuzuwenden.

Das Material, welches die Biographie sichten und wissenschaftlich bearbeiten will, ist gross, viel grösser als das ihrer geographischen Geschwisterwissenschaften zusammen genommen. Es wird sich also empfehlen, dasselbe in einige Hauptgruppen zu sondern und demgemäss eine Anzahl von Disciplinen zu unterscheiden, welche der Biographie untergeordnet sind.

Da können wir nun zunächst zwei solcher Disciplinen einander gegenüberstellen. Die eine handelt von den organischen Individuen und der Beziehung der Theile eines Individuums zu einander, die andere von den organischen Ortsgenossenschaften, von der Wechselwirkung unter einander und mit der umgebenden Natur aller derjenigen Pflanzen und Thiere, welche ein gemeinsames Wohngebiet innehaben. Die erstere wollen wir Biontographie, die letztere Bioekographie nennen.

Indessen, das organische Individuum entwickelt sich; vom Eie bis zur Reife durchläuft es eine Reihe von Umgestaltungen, welche mit einander verknüpft werden müssen. Ganz ebenso die Wohnortsgenossenschaften, die dem Wechsel der Jahreszeiten unterworfen sind. Im Frühlinge treffen wir andere Pflanzen und Thiere als im Sommer, im Sommer andere als im Herbst und Winter. Wenn wir auch viele das ganze Jahr hindurch antreffen, so trägt doch jede Jahreszeit ihre eigene biographische Physiognomie. Hier gilt es, Frühling mit Sommer, Herbst und Winter und wieder mit dem nächsten Frühlinge zu verknüpfen. Daneben aber findet auf jeder Entwickelungsphase des Individuums sowohl wie der Wohnortsgenossenschaft eine Wechselwirkung der Komponenten statt, hier der einzelnen Thiere und Pflanzen, dort der Organe. Hier wie dort können wir jede Entwickelungsphase als dauernd betrachten, um jene Wechselwirkung zu studiren. So gelangen wir zu einer andern, von der ersteren verschiedenen Eintheilung der Biographie, welche als zwei untergeordnete und einander ebenbürtige Disciplinen die Parabiographie und die Anabiographie unterscheidet. Die Parabiographie handelt von der Zusammensetzung des als unveränderlich angenommenen Objektes aus seinen Komponenten und von der Wechselwirkung derselben unter einander; die Anabiographie von den Phasen, welche das in Wirk-

lichkeit einer Veränderung unterworfene Objekt durchläuft, und von der kausalen Verknüpfung dieser Phasen.

So erhalten wir im ganzen vier der Biographie untergeordnete Wissenschaften, die Parabiontographie und Anabiontographie und die Parabioekographie und Anabioekographie.

Die Parabiontographie erblickt in dem Organismus des Thieres oder der Pflanze auf irgend einem Stadium seiner Entwickelung ein unveränderliches Lebewesen, einer bewegten Maschine vergleichbar. Sie erforscht die Zusammensetzung des Organismus aus einzelnen Organen und die Wechselwirkung, in welcher sich diese Organe unter einander und mit der aufgenommenen Nahrung befinden. Nur die Parabiontographie einiger weniger Organismen ist einigermaassen gründlich erforscht, vor allem die des Menschen. Die Parabiontographie des Menschen ist bisher das Hauptobjekt der akademischen Wissenschaften der Anatomie und Physiologie gewesen, wobei der Anatomie die hauptsächlich an der Leiche zu erlangende Kenntniss der einzelnen Theile des menschlichen Organismus, der Physiologie das Studium der Wechselwirkung dieser Theile zugefallen ist. Durch diese Sonderung der Interessen haben sich nun aber sowohl Anatomie wie Physiologie einseitig entwickelt. Die Anatomie glaubt genug gethan zu haben, wenn sie die Leiche mit Messer und Mikroskop bis ins kleinste zergliedert hat. Offenbar ist nun aber der Organismus nur so lange ein Organismus, wie er lebt; desshalb ist die Anatomie weniger eine Wissenschaft als eine Kunst. Andererseits hat die Physiologie wegen Mangels an ausreichenden anatomischen Kenntnissen durchweg nur die einzelnen Organsysteme des Menschen im allgemeinen, nur die allgemeinen Gesetze der Muskeln und anderer Organe erforscht, sich aber nicht eingehend genug mit dem einzelnen Muskel, dem einzelnen Organe beschäftigt. Um diesem Zustande ein Ende zu machen, hat man vorgeschlagen, dass die specielle Thätigkeit des einzelnen Organs in Zukunft ein Objekt der Anatomie werden soll, ein Vorschlag, der ebenso gerechtfertigt ist, wie seine Ausführung von Erfolg gekrönt sein wird. Dadurch wird die menschliche Anatomie zu einer einheitlichen und in sich selbst abgeschlossenen, ihrem Vertreter genussbringenden Parabiontographie des Menschen werden, während die Physiologie sich auch den niedern Organismen wird zuwenden können, um durch das Studium ihrer Lebensthätigkeiten mehr und mehr zu einer umfassenden Bionomie zu werden. Dadurch

dass die menschliche Anatomie zu einer abgerundeten Parabiontographie des Menschen wird, wäre freilich noch nicht viel gewonnen; denn die Parabiontographieen der einzelnen Entwickelungsstadien des Menschen sowie die Parabiontographieen aller andern Thiere auf allen ihren Lebensstadien würden nach wie vor Postulate der Wissenschaft bleiben. Dasselbe gilt von den Pflanzen, obgleich diese sich mehr einer gleichmässigen Bearbeitung zu erfreuen gehabt haben.

Die Anabiontographie fasst das organische Individuum auf als ein veränderliches Entwickelungswesen, das sich, von einem einfachen Anfangsstadium ausgehend, stetig einem komplicirten Endstadium nähert. Die Anabiontographie umfasst die Schulwissenschaften der Embryologie, die auch als Ontogenie oder individuelle Entwickelungsgeschichte bezeichnet wird, und der Systematik der Thiere und Pflanzen. Aber auch die „vergleichende Anatomie“ der Thiere und die „Morphologie“ und „Anatomie“ der Pflanzen bilden Bruchstücke der Anabiontographie. Während die Embryologie sich bestrebt, uns die Stadien vorzuführen, welche der Organismus von der Eizelle bis zu dem Zeitpunkte durchläuft, wo er seinen Eltern wieder ähnlich sieht, will uns die Systematik und Pflanzenmorphologie die äussere Erscheinung, die vergleichende Anatomie der Thiere und die Pflanzenanatomie den inneren Bau der Eltern kennen lehren. Diese Disciplinen fassen nur die Endstadien ins Auge, während die Embryologie vom Anfangsstadium aus den Organismus eine Strecke weit auf seinem Entwickelungswege verfolgt, aber meistens, ohne einen engen Anschluss an das Endstadium zu gewinnen zu suchen. Es liegt nun aber auf der Hand, dass Anfang und Ende zusammengehören; desshalb müssen alle jene Disciplinen zu einer einzigen verschmelzen, wollen sie anders nicht das Ziel der Wissenschaft aus dem Auge verlieren. Diese einzige in sich abgerundete Disciplin ist die Anabiontographie, die die Entwickelung jedes Organismus vom Eie bis zur Reife und darüber hinaus bis zum Tode und zwar sowohl nach äusserer Erscheinung als innerem Gefüge verfolgt und die einzelnen Stadien durch Zuhülfenahme der Bionomie ursächlich mit den vorhergehenden und nachfolgenden verknüpft. In der That hat die wissenschaftliche Praxis längst gelehrt, dass Embryologie, vergleichende Anatomie und Systematik einander nicht entbehren können. Es sind diese Disciplinen vor allen Dingen Künste und Methoden, die bald der einen, bald der anderen Wissenschaft

dienstbar sind. Die Anatomie beispielsweise ist eine Hülfsdisciplin sowohl der Parabiontographie wie der Anabiontographie.

Werfen wir einen Blick auf die gegenwärtige Entwickelung der Anabiontographie, so erkennen wir in ihr die bestbearbeitete aller biologischen Wissenschaften, woraus die einseitige Entwickelung der Biologie hervorgeht. Die Kenntniss der äusseren Merkmale aller entwickelten Thiere und Pflanzen ist schon seit Linné's Zeiten angestrebt worden; seit Cuvier hat die Erforschung des inneren Baues, seit Baer und mit grösserer Intensität seit Darwin das Studium der Entwickelung einen gewaltigen Aufschwung genommen. Freilich sind unsere anabiontographischen Kenntnisse nur Bruchstücke; von der Erkenntniss des Wesens der Entwickelung sind wir noch sehr weit entfernt, und vor allem fehlt es vielen Embryologen, Anatomen und Systematikern an der Erkenntniss, dass sie alle nur einer einzigen Wissenschaft, der Anabiontographie, dienen. Nichtsdestoweniger steht es mit der Anabiontographie besser als mit der Parabiontographie und ungleich viel besser als mit den beiden bioekographischen Wissenschaften, zu denen wir uns jetzt wenden.

Die Parabioekographie handelt von den Wohnortsgenossenschaften der Organismen und betrachtet dieselben als unveränderliche Mechanismen. Sie greift bald diesen, bald jenen Momentanzustand heraus und untersucht die Wechselwirkung, in welcher die einzelnen Thiere und Pflanzen, welche die Biogaea eines Wohnortes zusammensetzen, untereinander und mit der Stereogaea, Hydrogaea und Aërogaea dieses Wohnortes stehen. Als Wohnort kann sowohl die ganze Erde als auch ein natürlich abgegrenzter Theil derselben betrachtet werden. Für solche Theile schlage ich den Terminus Geomeren vor. Das australische Festland, der Nordpolarkontinent, die Insel Neu-Guinea sind solche Geomeren; nicht minder das nördliche Eismeer, der indische Ozean, der Golf von Neapel. Aber auch jedes Gebirge und Tiefland, der einzelne Wald, die Wiese, die Wüste können als Geomeren betrachtet werden. Desgleichen jeder See, Teich und Fluss, jede Austern- und Korallenbank; kurzum, die Reihe der Geomeren ist unendlich, und sie gegen einander abzugrenzen und zu klassifiziren wird eine interessereiche Aufgabe der Biologen und Geographen sein. Bis jetzt ist sehr wenig in dieser Richtung geschehen, wie denn überhaupt unser parabioekographisches Wissen nur aus unzusammenhängenden Bruchstücken besteht, deren Zahl zwar gross ist, die aber noch nicht gesammelt, geschweige denn geordnet und

in ursächlichen Zusammenhang gebracht sind. Man wird mir vielleicht entgegenhalten, dass ich Grisebach's Pflanzengeographie und Wallace's Thiergeographie nicht vergessen darf; indessen, was Grisebach und namentlich was Wallace anstrebt, ist ebenso von meiner Parabioekographie verschieden, wie Grisebach's und Wallace's Ziele und Wege unter einander verschieden sind.

Mit der Ausbildung der Anabioekographie ist es nicht besser beschaffen als mit derjenigen ihrer Schwesterwissenschaft. Die Anabioekographie bezweckt die Kenntniss der Entwickelung der einzelnen Wohnortsgenossenschaften, wie sie sich in jedem Jahre abspielt. Von einem Frühjahre bis zum andern findet in jedem Geomer ein stetiger Wechsel der parabioekographischen Bilder statt; so zwar, dass dort und dann die einzelnen Komponenten sich verändern, neue hinzukommen, alte verschwinden. Sehr wenig ist geschehen, diesen Wechsel in seiner Gesammtheit kennen zu lernen und aus seinen Ursachen zu erklären.

Nachdem wir so die Aufgabe der Bioekographie erkannt haben, wozu ein Eingehen auf die Biologie und Geographie und somit auf die Geologie überhaupt nöthig erschien, wollen wir im folgenden Abschnitte uns ausschliesslich mit der Bioekographie beschäftigen.

Die Bedeutung der Bioekographie und die Bedingungen für ihr Studium und ihre Verwerthung.

Wenn man erwägt, welch ein reiches Gebiet von verwickelten und bisher noch fast gänzlich unerforschten Naturvorgängen der Bioekographie zur Bearbeitung vorliegt; welches Interesse und welchen Genuss es gewähren muss, der freien Natur auf ihren verschlungenen Pfaden zu folgen und überall am Wege reiche Ernte zu halten; welchen vortheilhaften Tausch man macht, wenn man widerspenstige Instrumente und unhandlichen Bücherwust daheim lässt und die reichen Ernte-, Jagd- und Fischereigründe der jungfräulichen Erde aufsucht, um sich an dem Wogen ihres Busens zu erfreuen, das Flüstern ihrer Stimme zu belauschen und den

balsamischen Duft ihres Odems einzuziehen: dann sollte man meinen, dass es der Bioekographie an Jüngern nicht fehlen könnte. Auch ist dieses nicht der Fall; nur dass die Jünger der Bioekographie meistens nicht Naturforscher von Fach, sondern naturforschende Laien sind. Nicht nur manche Forstleute und Landwirthe, Lehrer und Pfarrer, sondern überhaupt viele, denen einige Musse zur Verfügung stand, und denen die freie Natur zugänglich war, haben sich gerade unsern Zweig der Naturkunde gewählt, um ihre Freizeit durch lehrreiche und fesselnde Beschäftigung auszufüllen und dabei manche schöne Entdeckung zu machen. Dieser erfreulichen Sachlage steht andererseits der befremdliche Umstand gegenüber, dass gerade die Naturforscher von Fach, die modernen Zoologen und Botaniker, das bioekographische Forschungsgebiet fast gänzlich verschmähen, um dafür anatomische und mikroskopische Forschungen zur höchsten Vollendung zu bringen.

Diese Bestrebungen verdienen gewiss Lob; aber der Erkenntniss, dass die Botanik und Zoologie unserer Tage sich höchst einseitig entwickelt haben, dürfen wir uns nicht verschliessen. Auf der einen Seite finden wir Anatomen, Embryologen und Histologen, Morphologen und Physiologen, auf der andern die Systematiker, die Museumszoologen und Herbariumsbotaniker. Zwischen beiden, aber abseits und von den Fachleuten nicht anerkannt, stehen jene bioekographischen Dilettanten, von denen ich oben gesprochen habe. Sollte der Umstand, dass sich hauptsächlich Laien die Pflege der Bioekographie angelegen sein lassen, die Fachgelehrten abhalten, ein gleiches zu thun, dann möchte ich sie daran erinnern, dass gerade der Mann, den wir alle als unsern Meister anerkennen, zu dem wir alle wie Zwerge zu einem Riesen hinaufblicken, dessen Namen wir alle unablässig im Munde führen, dass gerade Charles Darwin auf dem Gebiete der Bioekographie seine grössten Triumphe gefeiert hat.

In der That ist es höchst befremdend, dass man unter der überwältigenden Majorität der modernen Zoologen und Botaniker, die sich Darwinisten nennen, so wenige wirkliche Nachfolger Darwin's findet. Die Schlagworte „Kampf ums Dasein“ und „Natürliche Zuchtwahl“ sind jedem geläufig; aber nur wenigen fällt es ein, dem Kampfe und der Zuchtwahl in der Natur nachzuspüren. Nicht minder befremdlich ist es, dass die Zahl der deutschen, französischen, englischen Zoologen so gross, und die Zahl derjenigen Naturforscher, welchen die Fauna Deutschlands, Frankreichs, Englands gründlich bekannt ist, so klein ist. Befremdlich mag es

sein, aber zu leugnen ist es nicht, dass einerseits Darwin zu einem Heiligen geworden ist, vor dem sich zwar alle beugen, dessen Kapelle aber von nur wenigen Händen geschmückt wird, und andererseits, dass Zoologie und Botanik in den Kulturländern neuerdings einen grossartigen Aufschwung genommen haben, ohne dass dadurch das Volk, welches die Gelehrten unterhält, in die Lage versetzt worden wäre, sich die Errungenschaften der Wissenschaft zu eigen zu machen an dem Studium der heimathlichen Thiere und Pflanzen.

Allerdings ist die Bioekographie, die Erforschung der Wechselbeziehungen, in welchen die Komponenten der Biogaea eines Geomers untereinander und mit seiner Stereogaea, Hydrogaea und Aërogaea stehen, schon an und für sich im höchsten Grade fesselnd und belehrend für den Forscher; wollen wir aber das Andenken Charles Darwin's ehren und für das Volk und die Heimath arbeiten, so können wir uns keine bessere Forschungssphäre wählen, als das Gebiet eben dieser Wissenschaft. Ihre hohe Bedeutung für Gesammtwissenschaft und Volk kurz darzulegen, soll im Folgenden mein Bemühen sein; nicht minder werde ich aber darauf hinweisen müssen, dass sie uns aussergewöhnliche Aufgaben darbietet, zu deren Lösung wir aussergewöhnliche Anstrengungen machen müssen.

Die hohe wissenschaftliche Bedeutung, welche eine eingehende Erforschung des wohnortsgenossenschaftlichen Haushaltes der Organismen hat, kommt ihr zu vor allen Dingen vermöge des Lichtes, welches sie auf die Entstehung der Thier- und Pflanzenarten zu werfen geeignet ist. Darüber, dass die jetzt lebenden Organismenarten im Grossen und Ganzen Abkömmlinge von einfacher organisirten Arten sind, also über die Berechtigung der Descendenz-Theorie, herrscht fast vollkommen Einigkeit. Anders ist es jedoch mit denjenigen Theorien, welche die Umwandlung der Art erklären wollen. Zwar nimmt unter diesen, was die Zahl der Anhänger anbetrifft, die Darwin'sche Theorie der natürlichen Zuchtwahl den ersten Rang ein; aber ich glaube, wollten wir alle Bekenner der Selektionstheorie fragen, ob sie jemals ernstliche, auf Originaluntersuchungen gestützte Studien über die Stichhaltigkeit der Selektionstheorie angestellt haben, so würden wir von den meisten verneinende Antworten erhalten. Ausserdem finden wir, dass gerade viele unter denjenigen, die sich eingehender mit der Sache beschäftigt haben, Gegner der Selectionstheorie sind. Ich sehe

hier ganz ab von irgend welchen Laien und wiederhole nur die Frage: Wie viele Zoologen und Botaniker giebt es, die die Selektionstheorie bewogen nicht sowohl durch die herrschende Zeitströmung als vielmehr auf Grund eigener sorgfältiger Untersuchungen adoptirt haben? Würden wir diese Frage statistisch beantworten können, so würden wir, glaube ich, über die geringe Zahl solcher Forscher erstaunt sein. Dieses steht aber ganz im Einklange mit der Thatsache, dass die meisten Zoologen und Botaniker der Gegenwart jüngere Leute sind, welche zwar Ausgezeichnetes auf dem Gebiete der Anatomie und Mikroskopie leisten, aber die Pflanzen und Thiere ihrer Heimath oder irgend welchen andern Landes meistens so ungenügend kennen, dass sie zum Studium des Naturhaushaltes vollständig unvorbereitet sind. Und doch kann kein anderes Studium dazu führen, die Selektionstheorie anzunehmen oder zu verwerfen. Wer mit Erfolg die Pferde- oder Schafzucht, die Blumen- oder Taubenzucht betreiben will, hat zu dem Zwecke langjährige und eingehende praktische Studien zu machen; das Lesen einiger Bücher genügt nicht; und wer uns belehren will, dass die Natur diese oder jene Pflanzen- oder Thierart auf diese oder jene Weise gezüchtet habe, der muss auf den Oekonomiehöfen der Natur gelebt und gelernt haben. Der blosse Hausthier-Anatom oder -Physiolog ist weit entfernt, ein guter Viehzüchter zu sein; ebensowenig kann derjenige, der nur auf den Gebieten der heutigen Thier- oder Pflanzenmorphologie und -Physiologie bewandert ist, etwas von der möglicherweise in der Natur stattfindenden Zuchtwahl wissen, es sei denn vom Hörensagen!

Beweise für die Abstammung der heute lebenden Thiere und Pflanzen von einfacher organisirten Vorfahren haben wir in Hülle und Fülle; von Beweisen für die Entstehung neuer Arten durch die natürliche Zuchtwahl Darwin's haben wir nicht einen einzigen, welcher genügend wäre. Wir dürfen uns nicht verhehlen, dass der Nachweis von zweckmässigen Einrichtungen den Nachweis des Bestehens einer Naturzüchtung nicht involvirt, und dass fast alles, was zu Gunsten der Entwickelungslehre geschrieben ist, nur für die Richtigkeit der Abstammungslehre spricht. Für die Abstammungslehre, nicht für Darwin ist beispielsweise fast alles, was Ernst Haeckel erforscht hat.

Ich mache desshalb auf die wirkliche Lage der Dinge aufmerksam, um die Anhänger und Gegner der Selektionstheorie auf

ein Forschungsgebiet hinzuweisen, auf welchem allein der Nachweis ihrer Berechtigung oder Nichtberechtigung geführt werden kann. Nun könnte man mir entgegenhalten, dass die Selektionstheorie es mit der geschichtlichen Entwickelung der Thier- und Pflanzenarten zu thun hat, während ich die Lösung der vorliegenden Probleme auf bioekographischem Gebiete anstreben wolle. Hierauf habe ich dreierlei zu erwidern.

Zunächst sehen wir, dass alljährlich eine viel grössere Anzahl von Organismenkeimen erzeugt wird und eine theilweise Entwickelung durchmacht, als zur Reife gelangt, und wir müssen fragen, ob die zu Grunde gehenden Individuen durch ihre Organisation irgendwie benachtheilt waren gegenüber den überlebenden, oder ob ihr Tod nicht vielmehr von der Ungunst der Verhältnisse abhing. In den Darstellungen der Selektionstheorie wird gewöhnlich auf das Missverhältniss der erzeugten zu den überlebenden Individuen mit grossem Nachdruck aufmerksam gemacht. Dies scheint die Annahme zu involviren, dass die zu Grunde gehenden Individuen in der That eine mangelhaftere Organisation besitzen, als die überlebenden; es lässt sich auch nicht leugnen, dass der Nachweis einer solchen eine bedeutende Stütze für die Selektionstheorie sein würde. Jedenfalls aber lässt sich dieser Nachweis auf dem Gebiete nur der Bioekographie führen.

Zweitens habe ich darauf aufmerksam zu machen, dass neben der Selektionstheorie auch Moritz Wagner's Migrationstheorie einige Beachtung verdient; gestehen ihr ja doch viele Darwinisten eine gewisse Berechtigung zu. Die Migrationstheorie nimmt an, dass neue Arten durch Emigranten gebildet werden, welche das Wohngebiet ihrer Vorfahren verlassen und sich anderswo ansiedeln. Zum Beweise für die Richtigkeit seiner Theorie führt Wagner die Anordnungsweise der Wohngebiete einer Anzahl von Reihen nächstverwandter Thierarten an. Es lässt sich nicht verkennen, dass zu Gunsten Wagner's viele Thatsachen sprechen. Andererseits glauben aber Nägelin und andere das gesellschaftliche Entstehen neuer Arten nachweisen zu können. Wie dem allen nun auch sei, eine bis ins einzelne gehende Kenntniss der gegenwärtigen Anordnung der Wohngebiete der Organismenarten und -Varietäten ist Vorbedingung für die Lösung derselben, wie sie Vorbedingung ist für das Studium des Haushaltes der Wohnortsgenossenschaften. Zweckmässigerweise fällt der Bioekographie die Aufgabe zu, Materialien zur Erlangung dieser Kenntniss zu sammeln.

Ich habe dann drittens die Frage aufzuwerfen, ob wir nicht irgendwo auf der Erde dann und wann Gelegenheit finden werden, eine thatsächliche Umbildung einer Organismenart zu konstatiren, sei es auch nur in ihren Anfängen. Sollten jetzt wirklich überall die Arten und die Verhältnisse so stabil sein, dass eine solche Hoffnung eine vergebliche wäre?

Wir können die Möglichkeit des zeitgenössischen Auftretens neuer Thier- und Pflanzenvarietäten nicht leugnen, und nur wenn wir das gegenwärtig Bestehende genau kennen, wenn uns jede heutige Wohnungsgenossenschaft und ihr Haushalt genau bekannt ist, können wir in Zukunft die Frage entscheiden, ob und wie in der Gegenwart neue Formen entstehen.

Gleichwohl bleibt die Entstehung und Umbildung der Organismenarten ein historisches Problem. Nun sind aber historische Forschungen wesentlich von allen andern verschieden. Auf allen andern Gebieten können wir immer direkt beobachten, auf dem Gebiete der Geschichte nur selten. Nur die Menschengeschichte macht hiervon eine theilweise Ausnahme, da eben der Mensch die höchstentwickelte, bestbekannte und uns am meisten interessirende Organismenart ist, die vermöge der weitgehenden Ungleichheit ihrer Rassen und Individuen, vermöge ihrer Weltherrschaft und ihrer Migrationsfähigkeit solche Beobachtungen zulässt. Allenfalls gestatten dergleichen auch noch die Hausthiere und Kulturpflanzen. Aber die Geschichte aller andern Organismenarten können wir zumeist nur erschliessen aus methodischer Kombination der Urkunden. Unter den biogenetischen Urkunden spielt aber neben der Palaeontologie und der Embryologie auch die Bioekographie eine hervorragende Rolle. Wollen wir uns eine Vorstellung über die Art und Weise, auf welche neue Arten entstehen und sich erhalten können, machen, so darf uns das Leben und Treiben der heutigen Thier- und Pflanzenarten nicht unbekannt sein. Also unbekümmert um die Möglichkeit, die Entstehung irgend einer neuen Varietät beobachten zu können, müssen wir danach streben, die Bioekographie der gegenwärtig lebenden Organismen zu der höchsten Vollendung zu bringen. Aber nicht nur für die Entstehung der Arten ist die Bioekographie von Bedeutung, auch auf den Untergang derselben muss sie helles Licht werfen. Den Untergang vieler Organismenarten können wir viel besser beobachten als die Entstehung neuer. Ich erinnere nur an Neuseeland. Dort vertilgt beispielsweise der Klee Farnkraut und Phormium, die europäische Stubenfliege die Maorifliege. Die

Fauna und Flora des kultivirten Neuseeland wird bald von derjenigen Englands kaum noch zu unterscheiden sein. Wie ist nun eine so durchgreifende Umwandlung möglich, und wie ist das Aussterben der Organismenarten früherer Erdepochen zu erklären? Antwort auf diese Frage kann nur bei einer genauen Kenntniss des täglichen und jährlichen Haushaltes der in der Jetztzeit bestehenden Wohnortsgenossenschaften ertheilt werden.

Neben der Biogenie darf auch die Stereogenie von genauerer Kenntniss der Verbreitung der Organismenarten über die Erde noch bedeutende Förderung erwarten. WALLACE hat durch seine ausgezeichneten Forschungen gezeigt, dass sich aus der Verbreitung der heutigen Thier- und Pflanzenarten ziemlich sichere Schlüsse auf die frühere Vertheilung von Land und Wasser ziehen lassen. Hierfür ist aber nicht nur die blosse Kenntniss der Anordnung der Wohngebiete erforderlich; vielmehr müssen wir auch ziemlich viel von dem Haushalte der Wohnortsgenossenschaften, namentlich von der aktiven und passiven Locomotion der Individuen und ihren Entwickelungsstadien sowie von den jahreszeitlichen Wanderungen wissen. Trotz der grossen Anzahl der schönen Ergebnisse, zu denen WALLACE und andere schon gelangt sind, lässt sich von einer besseren Pflege der Bioekographie doch noch ein viel befriedigenderes Resultat erwarten. Sowohl WALLACE wie DARWIN fehlt es gegenwärtig noch an einer genügenden Anzahl von Nachfolgern.

Es ist indessen nicht die reine Wissenschaft allein, im Namen derer wir die Pflege der Bioekographie befürworten. Ihre Bedeutung für die praktischen Bestrebungen zur Befriedigung der leiblichen und geistigen Bedürfnisse der Menschheit ist nicht minder gross als ihre wissenschaftliche Bedeutung. Die Wissenschaft ist für das Volk da, nicht nur für die Gelehrten. Wenn das Volk die Existenz der Gelehrten ermöglichen soll, so darf es billigerweise verlangen, dass man ihm eine möglichst weitgehende Theilnahme an den Wissenschaften gestattet. Geschieht das nicht, so gelangt das Volk leicht zu irrigen Anschauungen, die für Wissenschaft und Gelehrte höchst verderblich werden können. Ich bin keineswegs ein Schwärmer für oberflächliche Volksaufklärung und die sich in unsern Tagen breitmachende Halbbildung. Ebensowenig kann ich die lärmenden Forderungen des Volkes nach praktischer Verwerthbarkeit der Wissenschaften billigen. Ich glaube vielmehr, dass die Lehre vom beschränkten Unterthanenverstande

vieles für sich hat und nicht blos auf politischem Gebiete Anwendung finden sollte. Aber eben desshalb behaupte ich, dass die Pflicht der Gelehrten, das Volk an der Wissenschaft theilnehmen zu lassen, nicht in Fortfall kommt; denn die Gelehrten sind nur Beamte des Volkes. Sie haben die Pflicht, für die Interessen des Volkes nach bestem Wissen und Gewissen zu handeln. Sollen aber die Segnungen ihres besseren Wissens und Könnens dem Volke zu theil werden, so müssen die Gelehrten die leiblichen und geistigen Bedürfnisse des Volkes befriedigen. Die Wissenschaft muss hierzu in eine lebendige Wechselwirkung mit dem Volke treten, theils durch Belehrung der Erwachsenen, theils durch das Wirken der Schule. Die Lehre vom beschränkten Unterthanenverstande hat nichts mit Volksverdummung zu thun. Aus der letzteren kann den Nationen kein Glück erwachsen. Pfaffenherrschaft frommt niemanden mit Ausnahme der Pfaffen selbst.

Die Wissenschaft muss ins Volk; aber Umstände mancherlei Art lassen nicht jede Wissenschaft ohne weiteres dazu gelangen. Zwar haben Vertreter aller Wissenschaften manche trefflichen Bücher für Volksbelehrung geschrieben; aber das Lesen allein nützt nicht. Soll die Lectüre nützen, so muss daneben die Möglichkeit eigenen Beobachtens gegeben sein. Naturwissenschaftliche Lectüre ohne Beobachtung schadet nur, indem sie Halbwissen erzeugt und Dünkel. Sie lässt die Arbeit der Naturforscher viel leichter erscheinen, als sie ist, und führt dazu, Unmögliches von ihm zu verlangen; oft aber auch zu der Anklage, er behaupte, Unmögliches beobachtet zu haben. Leider ist die Möglichkeit eigener Beobachtung bei der Mehrzahl der Wissenschaften eine für Laien sehr beschränkte.

Da sind zunächst Physik und Chemie. Beide bilden gewiss vortreffliche Lehrgegenstände für Schulen, welche die erforderlichen Lehrapparate besitzen. Auch kann der Erwachsene manches aus populären physikalisch-chemischen Demonstrationsvorträgen lernen. Aber der einzelnen Privatperson ist es nur selten vergönnt, sich Apparate zur Anstellung physikalischer und chemischer Experimente anzuschaffen. Ausserdem wird aber der glückliche Besitzer solcher Apparate bald alle Experimente gemacht haben, die von Laien ausgeführt werden können. Denn zwar wird er mit Vortheil die chemischen und physikalischen Theorien studiren; aber auch bei diesem Studium wird er sehr bald bis zu derjenigen

Grenze kommen, die ein Laie in der theoretischen Chemie und Physik erreichen kann. Eintritt baldigen Stillstandes der Studien ist unvermeidlich; ist der Fortschritt der theoretischen Physik und Chemie doch nur ein langsamer. Dem Laien ist eine stetige Beschäftigung mit irgend einem Zweige der Wissenschaft viel erspriesslicher als ein kurzer praktischer und theoretischer Lehrgang, wie ihn die Schule schon bieten soll, mit darauf folgendem resultatlosem Grübeln über die höchsten und tiefsten Probleme der Wissenschaft. Nicht viel besser als mit Physik und Chemie steht es mit der Mineralogie. Ueber eine blosse Kenntniss der äusseren Merkmale der Mineralien in seiner Sammlung kommt der Laie nicht hinaus. Eine Sammlung kann er nicht entbehren; aber alle Sammlungen sind theuer, nehmen Raum ein und führen leicht zur Sammelsucht, die geistige Verkümmerung und moralische Schäden begünstigt. Damit wäre auch schon der Stab über zoologische und botanische Sammlungen gebrochen; sie schaden mehr, als sie nützen. Nicht im Kabinet der Laien, sondern im öffentlichen Museum sind sie am Platze. Laiensammlungen verleiten ihre Besitzer ausserdem nur zu oft, neue Arten aufzustellen, zum grossen Nachtheil der Wissenschaft. Physiologie der Pflanzen und Thiere soll der Laie gewiss bis zu einem bestimmten Grade kennen. Namentlich ist die Kenntniss der menschlichen Physiologie sehr förderlich für die Erhaltung der Gesundheit. Aber diese Kenntniss soll schon auf der Schule erlangt sein; der Laie kann keine physiologischen Experimente anstellen. Auch würde das dem Laien zugängliche Gebiet bald durchmessen sein. An der Anatomie der Thiere findet nicht jeder Geschmack; ihr Studium erfordert bedeutende technische Fertigkeiten, und zur Beschäftigung für den Laien ist sie nur im geringen Grade verwerthbar. Besser steht es mit der mikroskopischen Organographie der Pflanzen; doch kann sie dauernd nur wenige Laien befriedigen. Zu allen mikroskopischen Beschäftigungen ist ein kostspieliges Mikroskop, zur Beobachtung der Sterne ein theures Fernrohr nöthig; nicht jeder hat das Geld, sich derartige Instrumente anzuschaffen.

Geogenetische Studien taugen nicht für den Laien; er hat nicht Zeit, sich die dazu erforderlichen Specialkenntnisse anzueignen, und muss sich grösstentheils auf Lectüre beschränken.

Besser als alles andere ist für den Laien die Beschäftigung mit Geographie. Zu ihrem einheitlichen gewinnbringenden Studium sind indessen mehr Specialkenntnisse nöthig, als der Laie

sich aneignen kann. Ganz besonders fehlt die nöthige eigene Anschauung ferner Länder; zu reisen ist nur wenigen vergönnt. So werden sich die meisten auf das Studium der Heimath, das heisst ihrer dauernden Wohnsitze, beschränken müssen, und ein Schöneres giebt es wohl nicht. Aber wir dürfen nicht vergessen, dass der Laie, der sich mit Naturwissenschaften beschäftigt, nur dann wahre Befriedigung an seinem Studium finden kann, wenn es ihm vergönnt ist, eigne kleine Entdeckungen zu machen. Für diesen Zweck sind nun die einzelnen Theile der Geographie der Heimath von sehr verschiedenem Werthe. Stereographie und Hydrographie sind in den Kulturländern schon zu bekannt. Wo sie, wie in neuerworbenen Kolonieen, noch verhältnissmässig unbekannt sind, können sie nur von den Forschungsreisenden aufgeschlossen werden. Zwar wird es überall in der Mineralogie und der Versteinerungskunde, die ich zur Stereographie stelle, noch vieles zu thun geben; aber interessante mineralogische und palaeontologische Lokalitäten sind zu vereinzelt. Wo sie vorkommen, mag sich allerdings der Laie am Sammeln von Mineralien und Versteinerungen betheiligen; doch ist es viel besser, wenn er seine Funde nicht der eigenen Sammlung, sondern der Wissenschaft zu Gute kommen lässt. So aber hat der Sammler für sich selber keinen dauernden Gewinn. Die Aerographie ist auch schon fast überall im Grossen und Ganzen bekannt. Allerdings können Laien in den jungfräulichen Ländern noch manches für sie thun; nicht aber können sie die Theorie derselben meistern. Ohne ein Eingehen auf die letztere wird aber die Beschäftigung mit Aerographie bald langweilig.

So bleibt schliesslich nur die Biographie übrig. Aber auch von dieser ist, wie wir schon oben nachgewiesen haben, der biontographische Theil nur in geringem Grade geeignet, die Mussestunden der Laien mit gewinnbringender Thätigkeit auszufüllen. Dagegen ist die Bioekographie mehr als alle andern Wissenschaften geeignet, die Aufmerksamkeit eines jeden zu fesseln. Wer sich die Erforschung des Haushaltes auch nur einer einzigen Thierart zur Aufgabe gestellt hat, kann lebenslange Beschäftigung daran finden. Einseitig kann das Studium des Naturhaushaltes nicht machen, auch wenn nur eine einzige Organismenart der Hauptgegenstand desselben ist. Denn die tausendfachen Beziehungen jeder Thier- und Pflanzenart zur übrigen Natur sind so mannigfaltig, dass sie dazu nöthigen, auf eine lange Reihe begleitender Erscheinungen die Aufmerksamkeit zu richten. An massenhaftem

Material zu bioekographischen Studien fehlt es nirgends. Für jeden, der Geschmack an ihnen findet, ist überreichlich gesorgt. In Hülle und Fülle lassen sich hier neue Entdeckungen machen. Dass aber Beobachtungen über den Naturhaushalt einen unwiderstehlichen Reiz haben auch für viele Laien, beweist die grosse Anzahl der letzteren, die auf bioekographischem Gebiete beobachten. Zu solchen Beobachtungen ist kein grosser Apparat von Instrumenten erforderlich; man kann sie machen, wie man geht und steht. Für die Beobachtung des Entfernten genügt ein billiges Fernrohr; wer das Leben des Kleinen belauschen will, kommt mit einer Taschenlupe oder, wem eine solche nicht genügt, mit einem billigen Mikroskope aus. In den allermeisten Fällen aber genügen die fünf Sinne. Ein Notizbuch zur Eintragung der Beobachtungen kann jeder erschwingen. Im Hause, im Garten, auf Spaziergängen, zu jeder Tages- und Jahreszeit können bioekographische Beobachtungen und Entdeckungen gemacht werden. So gross wie das Gebiet der Bioekographie ist, so leicht ist es für jeden zugänglich; wer sich mit ihm beschäftigen will, wird der Wissenschaft nützen und für Geist und Gemüth den reichsten Gewinn ziehen. Nicht auf diesem Gebiete lauert im Hintergrunde die graue Theorie; es ladet des Lebens goldener Baum mit leuchtendem Grün den Wanderer ein, unter seinem Dache Platz zu nehmen. In der That ist das blosse Beobachten des Naturhaushaltes so fesselnd, dass man zunächst an Theorie kaum denkt. Die Theorie ist nicht Sache der Laien, wenn sie auch der Wissenschaft, in der Bioekographie wie in anderen Gebieten, unentbehrlich ist. Unentbehrlich ist sie auch für das Laienstudium der meisten andern Wissenschaften, soll die Beschäftigung mit denselben nicht bald alles Interesse verlieren. Aber die meisten Laien wollen zunächst keine Theorie, es sei denn, sie ergäbe sich unmittelbar aus der Beobachtung. Das ist nun in hervorragendem Maasse bei der Bioekographie der Fall. Ich spreche natürlich nicht von den bionomischen Gesetzen. Schwieriger als die wissenschaftliche Erforschung der Gesetze des Lebens ist keine andere. Aber während in fast allen andern Wissenschaften der Laie schon sehr bald auf das nur dem Fachmanne zugängliche Gebiet der Naturgesetze stösst, liegt dasselbe bei der Bioekographie im fernsten Hintergrunde. Das ist eben bedingt durch die beispiellose Mannigfaltigkeit der bioekographischen Erscheinungen, die dem Laien auch ohne Naturgesetzkunde so viel des Interessanten zu beobachten geben, dass er nicht ruhen noch rasten mag. Dagegen ist die

Mannigfaltigkeit der Erscheinungen auf anderen Gebieten eine verhältnissmässig geringe. Der Laie sieht, dass er ohne Theorie nicht auskommt, und muss unbefriedigt Halt machen; denn was von Theorie für ihn taugt, ist bald bewältigt.

So giebt es also keine Wissenschaft, welche auch nur im Entferntesten der Bioekographie gleichgestellt werden könnte als ein Gebiet lehrreicher und fesselnder Beschäftigung für den Laien. Was wir aber erwarten dürfen, wenn wir das Volk zur Beschäftigung mit dieser Wissenschaft anhalten, kann uns bei einigem Nachdenken nicht unklar bleiben.

Dadurch, dass die Beschäftigung mit dem Haushalte der Thiere und Pflanzen etwas Besseres an die Stelle der Laiensammlungen setzt, die weder zu Geist noch zu Gemüth sprechen, wird sie die bei Laien vielfach anzutreffende zwecklose Sammelsucht wesentlich herabmindern. Sie wird mehr und mehr das Anlegen von nur solchen Sammlungen begünstigen, welche ausschliesslich als Hülfsmittel zu bioekographischen Beobachtungen dienen sollen. Es kann gar keinem Zweifel unterliegen, dass derjenige Sammeleifer, der sich nur an dem Besitz von so und so viel trockenen Pflanzen, Conchylien, Insekten oder Eischalen erfreut, nicht nur geistige sondern auch moralische Defekte wenn nicht zu erzeugen, so doch auszubilden im höchsten Grade geeignet ist. Dass ich Recht habe, werden mir viele erfahrene Museumsdirektoren bestätigen können. Es giebt sehr viele Museumsdirektoren, die principiell niemanden mit den Sammlungen der Museen allein lassen, am allerwenigsten Besitzer von Naturaliensammlungen. Durch Vernachlässigung der nöthigen Vorsicht ist schon manches werthvolle Sammlungsstück spurlos verschwunden. Wollen wir aber den Sammeltrieb in segenbringende Bahnen lenken, so müssen wir den Laien anhalten, nur solche Thiere und Pflanzen zu sammeln, über deren Leben und Verbreitung er Beobachtungen anstellen kann. Der Laie wird bald finden, dass solches Sammeln unendlich mehr Befriedigung gewährt als das Anhäufen von allen möglichen Raritäten aus allen möglichen Weltgegenden; von Raritäten, über die er nur weiss, dass sie schön aussehen und an Geld so und so viel werth sind.

Denjenigen Laien, welche sich an dem Besitz einer Menge von bunten und theuren Sammlungsstücken erfreuen, stehen diejenigen gegenüber, die durch fleissiges Sammeln die Gelegenheit herbeizuführen suchen, dann und wann eine noch unbeschriebene Thier- oder Pflanzenart zu erbeuten, um sie dann selber zu be-

schreiben. Dem Fachmanne ist es genugsam bekannt, welche unnöthige Verwirrung durch unberufene Speciesmacherei herbeigeführt wird. Eine Aenderung des gegenwärtigen Zustandes unbefugter Aufstellung von neuen Arten seitens dilettantischer Laien wird sich aber nur dann herbeiführen lassen, wenn dem Laien gezeigt wird, wie viel Werthvolleres er leisten kann, wenn er die Speciesfabrikation unterlässt, um dafür Beobachtungen über Thier- und Pflanzenleben zu machen.

Wird das Volk in ausgedehnter Weise zur Beschäftigung mit Bioekographie und dadurch zu lebendiger Theilnahme an der Wissenschaft herangezogen, lernt es selbst Beobachtungen machen und die Schwierigkeiten derselben würdigen, so wird es auch bescheidener in seinen Forderungen den Forschern gegenüber werden. Es wird die Wissenschaft nicht gleich für unnütz erklären, wenn der Forscher nicht ohne weiteres den Grund irgend welchen Uebels oder Mittel zu seiner Bekämpfung angeben kann. Auch wird es denjenigen Forscher nicht für einen Dummkopf erklären, der nicht alle und jede Frage gleich beantworten kann. Schon mancher Zoologe und Botaniker hat es zu seinem Nachtheile erleben müssen, dass das Publikum, weil er nicht den Namen dieses oder jenes Pflänzchens oder Thierchens wusste, ihm seine Stellung wesentlich erschwert hat.

Ein besonders wichtiger Grund, wesshalb das Volk zu Studien über Naturhaushalt angehalten werden sollte, liegt darin, dass solche Studien ganz vorzüglich geeignet sind, die utopischen Ideen des Socialismus zu bekämpfen. Wer dem beständigen Kampfe in der Natur, dem Kampfe der Organismen mit den Elementen, die Konkurrenz zwischen Pflanze und Pflanze, Thier und Thier kennt, der weiss, dass nothwendigerweise eine Anzahl von Organismen blühen und gedeihen und andere darben und zu Grunde gehen müssen, und dass sich an diesem Zustande nichts ändern lässt. Wer durch diese Kenntniss vorbereitet ist, dem kann es nicht entgehen, dass es auch unter den Menschen nicht anders sein kann. Solche Kenntniss muss dazu führen, sich in die bestehenden Verhältnisse so gut wie möglich zu schicken, das Erreichbare anzustreben und dem Unerreichbaren nicht ferner nachzujagen, sich auch von der Zwecklossigkeit pessimistischer Grübeleien zu überzeugen.

Der Socialismus steht in enger Verbindung mit der vaterlandsfeindlichen Internationale. Durch seine Bekämpfung wird indirekt Patriotismus gefördert, und ein wirksames Mittel zu derselben

giebt die Bioekographie an die Hand. Aber nicht nur indirekt fördert die Bioekographie die Vaterlandsliebe. Vielmehr ist die letztere eine der direkten Folgen der Beschäftigung mit der heimathlichen Natur. Wer sich in die Natur seiner Heimath eingelebt hat, bei dem ist Liebe zu derselben und zu dem grösseren Vaterlande unmittelbare Folge. Verlässt aber jemand sein Vaterland, um sich in den Kolonieen seines Volkes niederzulassen, so wird er sich schnell dort einbürgern, wenn er sich bestrebt, mit der Thier- und Pflanzenwelt seiner neuen Heimath sich auf vertrauten Fuss zu stellen.

Die durch Beschäftigung mit der Bioekographie erzeugte Liebe zur Heimath wird endlich den Wunsch herbeiführen, die Naturschönheiten derselben erhalten zu sehen. Naturschutz zu predigen ist unnütz, wo Kenntniss der Natur fehlt. Wo sie aber vorhanden ist, ist das Naturschutzpredigen ziemlich überflüssig. Wer die heimathliche Natur kennt und liebt, wird sie auch schützen.

Natürlich werden sich verhältnissmässig nur wenige aus dem Volke mit Naturstudien beschäftigen können. Aber diese wenigen werden auf die übrigen einwirken. Sie werden zu Mitkämpfern der Naturforscher von Fach für alles dasjenige, was durch Kenntniss des Naturhaushaltes gefördert werden kann und soll, gegen alles dasjenige, was zu unterdrücken ist und an dessen Bekämpfung die Bioekographie theilnehmen kann.

Vor allen Dingen ist nun schon die Jugend zur Beobachtung des Naturhaushaltes anzuleiten; nicht nur wegen der Gründe, die die Beschäftigung des Volkes mit Bioekographie wünschenswerth erscheinen lassen. Auf dem Gebiete der Jugenderziehung giebt es vieles zu ändern, und den sich hier geltend machenden Reformbestrebungen kann die Bioekographie in hervorragender Weise dienen.

Von allen Seiten hört man Klagen über die Ueberbürdung der Schulen mit nutzlosen Arbeiten. Die Ueberbürdung, die sich nun einmal nicht leugnen lässt, wird aber wesentlich bedingt durch die viel zu grosse Anzahl der Unterrichtsgegenstände. Die meisten der letzteren lassen sich aber nicht einfach streichen, ohne dadurch der Erziehung eine einseitige Richtung zu geben. Vielmehr ist die Verschmelzung der vielen Unterrichtsgegenstände zu einigen wenigen, also eine grössere Centralisation derselben anzustreben. So ist nach meiner Ansicht der physikalische mit dem chemischen Unterricht zu vereinigen und in beiden das jetzt

beliebte Eingehen auf alles Mögliche thunlichst zu reduciren. Ganz das Gleiche gilt vom geographischen und naturbeschreibenden Unterrichte. Beide müssen zu einer einheitlichen Naturkunde der Heimath verschmelzen, an die sich eine allgemeine Länder- und Völkerkunde der Erde zu schliessen hat. Geographischen und biographischen Betrachtungen mag kurz vor Abschluss des höheren Schulstudiums ein Weilchen gegönnt sein; aber die jüngeren Schüler sind zu ihrem Verständniss nicht genügend vorbereitet. Zu verbannen ist vor allen Dingen das Ueberbürden der jugendlichen Gedächtnisse mit einer Unmenge von Einzelheiten. Wer nur eine Menge von Fluss-, Gebirgs- und Städtenamen und von lateinisch-griechischen Thier- und Pflanzennamen hersagen kann, ist vom Verständniss der Geographie und der Biologie noch sehr weit entfernt. Wer sich aber ein allgemeines Verständniss dieser Disciplinen angeeignet hat, dem ist es ein Leichtes, sich Specialkenntnisse zu erwerben, sobald dieselben nöthig werden. Aufgabe der Schule ist es nicht, unzusammenhängende Einzelheiten zu lehren.

Wird die Geographie in derjenigen Begrenzung — und Erweiterung —, welche ich ihr in dieser Schrift gegeben habe, als einheitliche Wissenschaft gelehrt, so werden die schönsten Resultate nicht ausbleiben. Ein abgesonderter zoologischer, mineralogischer und botanischer Unterricht kann dann ganz fortfallen. Specielle Rathschläge zu ertheilen ist nicht meines Berufs; nur möchte ich auf die Bedeutung hinweisen, die besonders die Bioekographie vermöge ihrer centralen Stellung für einen einheitlichen geographischen Unterricht besitzt. Wer Thier- und Pflanzenhaushalt beobachten will, muss auch auf Stereographie, Hydrographie und Aërographie Rücksicht nehmen und wird darauf vorbereitet, auch das Leben der Völker von gleichen Gesichtspunkten aus zu betrachten. Die Bioekographie besitzt aber desshalb eine so grosse Bedeutung für den Jugendunterricht, weil sie den Schüler auf ein Gebiet führt, auf welchem er selbst Beobachtungen anstellen kann. Der bioekographische Unterricht verlangt nicht die leidige Hausarbeit, die so manches junge Leben verkümmern lässt und verbittert. Man weise die Jugend hier auf das wundervolle Getriebe der Natur; man lehre den Schüler, seine Sinne zu gebrauchen, und man wird nicht ferner nöthig haben, ihn zur häuslichen Verarbeitung des in der Schule Gelernten zu zwingen. Ganz von selbst wird der Schüler eigene Studien treiben und dadurch das in der Schule Gelernte befestigen. Ein solches Wechselwirken von

Schulunterricht und Privatarbeit des Schülers kann nur die segensreichsten Folgen haben. Namentlich wird ein solches naturkundliches Studium dem Schüler weniger als Arbeit denn als eine interessante Ausfüllung seiner Freizeit erscheinen. Und nicht in die dumpfe Arbeitsstube bannt sie das licht- und luftbedürftige junge Menschenleben. Sie führt die von der Schulluft Angekränkelten hinaus ins Freie, in Waldesduft und Wiesengrün, wo Gottes Natur ewig waltet.

Abgesehen von aller Bedeutung, welche die Bioekographie für Gesammtwissenschaft, Volkserziehung und Jugendunterricht hat, kommt derselben eine eminente Wichtigkeit für die Nutzbarmachung der Natur zu. Es liegt auf der Hand, wie das Verständniss des Naturhaushaltes zu einer zweckmässigen Bewirthschaftung des Waldes, Feldes und Wassers führen muss. Auch auf die Ausbeutung der Meeresprodukte kann eine Kenntniss der bioekographischen Verhältnisse des Meeres nicht ohne nützliche Wirkung sein. Wollen wir die Ertragsfähigkeit des Waldes an Brenn- und Nutzholz und des Feldes und der Wiese an Nahrung für Mensch und Hausthiere auf das Höchste steigern und dauernd erhalten, so darf uns die Kenntniss der betreffenden bioekographischen Verhältnisse nicht verborgen sein. Ganz dasselbe gilt von der Erhaltung des Wildstandes, von der Bekämpfung schädlicher, von der Erhaltung nützlicher Thiere. Aber auch der dauernde Ertrag unserer Flüsse und Bäche, Seen und Teiche an Fischen und Krebsen ist in hohem Grade von einer vernünftigen Ausbeutung abhängig. Zu der letzteren kann aber einzig und allein das Studium der Bioekographie führen. Aehnliches gilt von der Befischung des Meeres. Wie grossen Schaden die Unkenntniss der Bioekographie schon dem Walfischfange und der Austern- und Perlmuschelfischerei gebracht hat, ist nur zu bekannt.

Auch möchte ich auf die Hülfe hinweisen, welche bioekographische Kenntnisse kolonisatorischen Bestrebungen bieten können. Schon zu oft hat man bei Gründung neuer Kolonien allen Gesetzen der Natur Hohn gesprochen. Vandalische Vernichtung der bestehenden Pflanzengemeinden jungfräulicher Länder hat häufig Unfruchtbarkeit des Bodens zur Folge gehabt. Rücksichtslose Ausbeutung der Naturprodukte hat schon in manchen Kolonieen deren Ausfuhr wesentlich herabgemindert. Auch hier lehrt die Bioekographie, wie durch weises Maasshalten dauernde Ertragsfähigkeit gesichert werden kann.

Endlich muss ich noch kurz das Verhältniss der Bioekographie zur Hygieine berühren. Die Lebensbedingungen der Organismen, welche die Träger vieler Krankheiten sind, sind von der Bioekographie zu erforschen. Besonders hat dieselbe auf das Verhalten jener Organismen ausserhalb des menschlichen Körpers ihr Augenmerk zu richten. Durch eine genaue Kenntniss ihrer Lebensbedingungen werden sich viele Krankheiten erfolgreich bekämpfen lassen.

Auf einen Irrthum, dem Laien leicht anheimfallen, möchte ich hier noch kurz eingehen. Die meisten Laien bemessen den Werth einer Wissenschaft nach ihrer praktischen Bedeutung. Sie werden den praktischen Werth der Bioekographie nicht leugnen können; aber sie werden vielleicht sagen, dass nur solche ihrer Theile zu bearbeiten seien, welche praktische Bedeutung haben. Das wäre nun ein sehr verkehrtes Handeln; denn einerseits lassen sich die praktisch wichtigen Theile irgend einer Wissenschaft nicht scharf von den übrigen sondern, andererseits aber kommt die sorgfältige Bearbeitung irgend eines Zweiges einer Wissenschaft allen andern Zweigen derselben zu Gute. So ist es bei allen Wissenschaften; so ist es bei der Bioekographie. Soll dieselbe überhaupt von irgendwelchem Nutzen sein, so ist sie von vornherein in allen ihren Theilen gleichmässig zu bearbeiten. Wie dieses zu geschehen hat, werden wir im Folgenden sehen.

Um die Bioekographie zu derjenigen Vollendung zu bringen, auf welcher es ihr möglich sein wird, Licht auf bis jetzt noch dunkle wissenschaftliche Fragen zu werfen und den geistigen und körperlichen Bedürfnissen der Menschheit zu dienen, ist zweierlei nöthig; erstens die sorgfältigste Sammlung des ausgedehntesten Beobachtungsmaterials und zweitens eine zweckmässige Behandlung und Diskussion desselben. Die Ausdehnung, welche die Sammlung des Materials anzunehmen hat, sowie die Methode, auf welche es zu diskutiren ist, mag das Beispiel einer nordfriesischen Austernbank lehren, wobei wir uns der bewährten Führung von Karl Moebius anvertrauen wollen. Die Lectüre von Moebius' Buch über „Die Auster und die Austernwirthschaft" (Berlin, 1877) ist jedem zu empfehlen, der sich über die Bedeutung und das Wesen der Bioekographie orientiren will. Wollen wir die Bioekographie einer nordfriesischen Austernbank verstehen, so müssen wir nicht nur die Anzahl der lebenden Austern, welche wir auf ihr finden, sondern auch die Anzahl der Individuen jeder andern Thierart, deren Vertreter die Austernbank bewohnen, feststellen.

Da finden wir Taschenkrebse (Carcinus maenas), Hörnerkrebse (Hyas aranea) und Einsiedlerkrebse (Pagurus bernhardus). Von Stammesgenossen der Auster treffen wir an Wellhornschnecken (Buccinum undatum), Miesmuscheln (Mytilus edulis) und Herzmuscheln (Cordium edule). Die Stachelhäuter sind durch Seeigel (Echinus miliaris) und Seesterne (Asteracanthion rubens), die Würmer durch Sandsollen (Sabellaria anglica), Röhrenwürmer (Pomatoceros triqueter) und andere vertreten. Ausserdem finden wir eine Menge anderer Thiere, wie Austernpocken, Moosthierchen, Schwämme und Polypen. Auch Fische werden häufig auf Austernbänken gefangen. Von Pflanzen finden wir Seegras und Algen verschiedener Art. Diese ganze grosse Gesellschaft ist nun abhängig von den Eigenschaften und Veränderungen der Stereogaea, Hydrogaea und Aerogaea ihres Wohnortes. Nicht minder hängt der Bestand dieser Biogaea von demjenigen ihrer einzelnen Componenten ab. Wird die Anzahl der Individuen irgend einer die Austernbank bewohnenden Thierart grösser oder kleiner, so ändert sich auch das Zahlenverhältniss der Individuen aller übrigen die Austernbank bewohnenden Thierarten. Wollen wir also das Leben auf der Austernbank verstehen, so müssen wir einerseits die Individuenzahl aller die Austernbank bewohnenden Organismenarten — und zwar für alle Lebensperioden, denn die Anzahl der Eier und Jungen ist weit grösser als die der erwachsenen Individuen — statistisch feststellen, andererseits aber erforschen, von welchen Zuständen der Stereogaea, Hydrogaea und Aërogaea die Bewegung der Bevölkerung auf der Austernbank abhängig ist. Wie mit den Austernbänken so ist es aber auch mit irgend einer anderen Biogaea irgend eines andern Geomers. Ueberall hat — neben der Beobachtung der Lebensweise der einzelnen Thiere und Pflanzen! — eine statistische Behandlung des Materials mit Berücksichtigung der stereographischen, hydrographischen und aërographischen Verhältnisse, eine statistische Behandlung, die sich über alle Jahreszeiten und über alle Entwickelungszustände der einzelnen Organismenarten erstreckt, statt zu finden. Nicht nur die Parabioekographie, sondern auch die Anabioekographie ist statistisch zu behandeln. Nicht blos hier und dort, sondern für jeden zugänglichen Geomer hat dieses zu geschehen.

Eine solche statistische Bearbeitung des bioekographischen Materials kann aber nur dann stattfinden, wenn die einzelnen Thier- und Pflanzenarten und Varietäten des zu erforschenden Geomers genau bekannt und auf unzweideutige Weise beschrieben

sind. Sonst ist Verwirrung unausbleiblich. Ehe wir also, beispielsweise bei der bioekographischen Erforschung von Neu-Guinea, an die eigentliche Arbeit gehen können, müssen die Organismenarten der grossen Insel und die Varietäten derselben bekannt sein. Auch müssen die Artbeschreibungen gesammelt, für Nichtspecialisten bearbeitet und in handlicher Form zugänglich gemacht werden.

Ist das geschehen, dann muss ein Heer von bioekographischen Arbeitern geworben und organisirt werden. Planvolles Vorgehen ist auf dem Gebiete der Bioekographie ebenso unerlässlich wie auf demjenigen etwa der Aërographie. Das haben beispielsweise die Ornithologen schon lange erkannt, die dabei sind, an allen Orten der bewohnten Erde Beobachter zu gewinnen und jedem seine Arbeit zuzuertheilen. Dieses löbliche Vorgehen der Ornithologie sollte auch auf allen anderen Gebieten der Biographie nachgeahmt werden. Die Ornithologen haben gefunden, dass ihre eigene Anzahl nicht ausreicht, um Beobachtungsmaterial in genügender Menge zu beschaffen; desshalb wenden sie sich an intelligente Laien, ihnen zu Hülfe zu kommen. Auch dieses wird die Bioekographie nachahmen müssen. Sie wird nicht nur Bioekographen von Fach heranbilden müssen, sondern auch eine grosse Anzahl von Hülfsarbeitern unter den Laien aller Erdtheile zu gewinnen suchen. Zunächst wird das schon für die Sammlung der noch unbeschriebenen Thier- und Pflanzenarten gelten.

Es ist nöthig, dass alle Arbeiter an dem Platze, an welchem sie Material sammeln, ansässig sind. Reisende haben nicht die Zeit zu bioekographischen Beobachtungen, und in erhöhtem Maasse gilt dieses für Expeditionen, wie ich aus eigener Erfahrung weiss.

Ausserdem ist es nothwendig, dass Centralstätten für die Sammlung des Beobachtungsmateriales eingerichtet werden. Die Vorstände dieser Stationen haben die übrigen Beobachter zu controlliren, diese sich bei jenen Raths zu erholen. In den Stationen müssen Sammlungen zur Information der Beobachter aufgestellt sein. Dass sich zu solchen Stationen am besten die naturkundlichen Museen eignen, wird aus dem folgenden Abschnitte hervorgehen. Aber die Zahl der Museen ist zu gering. In neugegründeten Kolonieen und uncivilisirten Ländern fehlen sie ganz. Dass auch hier Stationen errichtet werden müssen, ehe die ursprünglichen bioekographischen Verhältnisse zu sehr durch die Kultur gestört sind, liegt auf der Hand. Was zunächst in neugegründeten Kolonieen zu geschehen hat, werde ich für die Zoologie in dem Aufsatze über Kolonialthierkunde zu zeigen versuchen.

Mit der Organisation eines Heeres von Beobachtern und der Einrichtung von bioekographischen Stationen hat dann auch die Schaffung einer leicht zugänglichen bioekographischen Literatur Hand in Hand zu gehen. Vor allem sind bioekographische Zeitschriften zu gründen und statistische Verzeichnisse aufzustellen. Die jetzt üblichen Faunen- und Florenverzeichnisse sind durchaus ungenügend. Speciellere Vorschläge für die Gründung einer zoologischen Kolonialliteratur werde ich an passender Stelle mir zu machen erlauben.

Schliesslich wird man auf die zweckmässigsten Mittel sinnen müssen, dem Volk, dem Lehrer, dem Praktiker die Resultate bioekographischer Forschung leicht zugänglich zu machen. Dieses hat zu geschehen gleichfalls durch die Museen, durch die erwähnten Stationen und durch die Literatur. Ich komme noch gelegentlich darauf zurück.

Die Bioekographie wird unerwartete wissenschaftliche Aufschlüsse liefern; in unerwarteter Weise wird sie ein Mittel an die Hand geben zur lebendigen Wechselwirkung von Laien und Gelehrten, Lehrern und Schülern, von Theorie und Praxis. Soll sie aber zu wahrer Blüthe gelangen, so müssen meine Vorschläge, die vielleicht manchem unerwartet kommen, im Grossen und Ganzen ausgeführt werden. Dass dieses bei gutem Willen aller Interessirten möglich ist, daran zweifle ich nicht.

Aufgabe und Einrichtung der naturkundlichen Museen und die Organisation des Museenwesens.

Die naturkundlichen Museen der Gegenwart leisten nicht das, was sie leisten könnten. Sie sollen die Wissenschaft fördern und das Volk belehren; aber in beiden Beziehungen entsprechen sie nicht dem Aufwande an Mitteln, der zu ihrer Erhaltung gemacht wird. Die Schattenseiten des heutigen naturkundlichen Museenwesens sind zu bekannt, als dass ich sie namhaft zu machen brauchte; auch will ich nicht tadeln, sondern Vorschläge zur Reform machen.

Der Grund des mangelhaften Zustandes des Museenwesens liegt an dem geringen Interesse, welches der moderne Staat demselben zuwendet. Zwar giebt es eine Reihe staatlicher Museen

für Naturkunde; aber es fehlt fast ganz an einer einheitlichen sachkundigen Centralleitung. Ueber Beeinträchtigung der Freiheit der Wissenschaft können sich, wenigstens im continentalen Europa, die Museums-Directoren nicht beklagen; so ziemlich jeder macht mit seinem Museum, was er will. Ob das dem Museumswesen im Ganzen zu statten gekommen ist, ist eine Frage, die ich wenigstens verneinen möchte. Nach meiner Ansicht werden nur dann die Museen ihrer Aufgabe genügen können, wenn der Staat sie unter seine Botmässigkeit bringt. Man darf nicht vergessen, dass die Museen nicht für ihre Directoren, sondern für Forscher und Volk da sind. Sie dienen der Wissenschaft und der Volksbelehrung; eine Organisation und Beaufsichtigung des Museenwesens ist deshalb nicht weniger gerechtfertigt und nicht weniger nöthig als die Organisation und Beaufsichtigung des Kulturwesens überhaupt.

Der erste Schritt, den der Staat zur Reorganisation des Museenwesens zu unternehmen haben würde, wird in einer Klassification der Museen bestehen müssen. Vorbedingung hierzu ist die Feststellung des Begriffes eines naturkundlichen Museums. Zum Zwecke dieser Begriffsbestimmung sind zunächst eine Reihe von Sammlungen auszuschliessen, welche nicht mit den Museen verwechselt werden dürfen. Es sind dieses die Unterrichtssammlungen, die Sammlungen der Universitäten und anderer Lehranstalten. Sie sollen dem Lehrer nur Material zur Illustration seiner Vorträge an die Hand geben; aus diesem Grunde muss es dem Lehrer überlassen bleiben, sie nach eigenem Gutdünken zusammenzustellen. Die Lehrfreiheit darf in keiner Weise beeinträchtigt werden. Nur ist der Lehrer anzuhalten, sich überhaupt eine Unterrichtssammlung zusammenzustellen und nicht etwa ein Museum, dessen Director er ist, als Unterrichtssammlung zu benutzen. Die Museen sollten Aufgaben dienen, die, wie heute nun einmal die Sache steht, häufig nicht den persönlichen Liebhabereien ihrer Directoren entsprechen. Ich will das Recht der Museums-Directoren, sich auf Staatskosten eine Sammlung zu Unterrichtszwecken und zu eigenen Forschungen anzulegen, durchaus nicht geschmälert sehen; aber ich will nicht, dass die Sammlungen des Museums der wissenschaftlichen Richtung und dem persönlichen Geschmack des Direktors gemäss sich gestalten. Das Museum muss durchaus auf eigenen Füssen stehen und einen eigenen Etat besitzen; Unterrichtssammlungen und Sammlungen, die ausschliesslich den Studien des Directors dienen, müssen streng von ihm

gesondert werden. Natürlich ist durchaus nicht ausgeschlossen, dass etwa ein Universitätsprofessor Director eines Museums sein kann.

Die Museen können ihren beiden Aufgaben, nämlich der Förderung wissenschaftlicher Forschung und der Belehrung des Volkes nur dann voll und ganz genügen, wenn sie Sammlungen zur Illustration von Vorträgen vollständig aus ihrem Bereiche aussondern, dafür aber sich je nach ihrer geographischen Lage ganz bestimmte Aufgaben stellen. Sie müssen sich vor allen Dingen in Museen verschiedener Ordnung sondern.

Vier Ordnungen von Museen dürften dem Bedürfnisse der Gegenwart genügen. Die Museen jeder Ordnung sollen sowohl den Zwecken der Forschung wie der Belehrung des Volkes dienen; namentlich sollen sie das letztere auch anhalten, sich in dem im vorhergehenden Aufsatze entwickelten Sinne aktiv an der Pflege der Naturkunde zu betheiligen.

Sämmtlichen vier Ordnungen von Museen muss deshalb ein Zug gemeinsam sein, die Sonderung der Sammlung in zwei Hauptabtheilungen, in eine für wissenschaftliche Forschung und in eine zweite für Belehrung des Volkes. Diese letztere darf nicht ein Conglomerat von allem Möglichen sein; vielmehr muss sie eine mit pädagogischem Takte gemachte Auswahl und getroffene Zusammenstellung desjenigen bieten, das besonders für Volksbelehrung geeignet erscheint. Ein Volksmuseum ist einem Lehrbuche zu vergleichen. Wie in dem letztern aus der Fülle des zu Gebote stehenden Stoffes eine gleichmässige und sorgfältige Auswahl getroffen sein soll, so muss auch ein populäres Museum aus der Fülle der ihm zu Gebote stehenden mannigfachen Sammlungsgegenstände die sorgfältigste Auswahl treffen. Wie in dem Lehrbuche jedes Kapitel mit gleicher Liebe zu behandeln ist, so ist auch die möglichste Gleichheit in der relativen Vollständigkeit der einzelnen Abtheilungen des öffentlichen Museums anzustreben. Vor allem ist es nöthig, dass im Museum wie im Lehrbuche der Stoff, in verschiedene Rubriken gesondert, von verschiedenen Seiten beleuchtet wird. Wie ich mir die Einrichtung eines zoologischen Museums, das dem Volke geöffnet ist, denke, will ich kurz darlegen.

Bei der Auswahl der auszustellenden Exemplare aus der Gesammtcollection des Museums würde ich weniger auf ihre Seltenheit als auf ihren pädagogischen Werth Gewicht legen; vor allem würde ich aber ein weises Maasshalten empfehlen. Es kommt

nicht darauf an, dem Volke die Reichhaltigkeit der aufgespeicherten Sammlung zu zeigen, sonder darauf, ihm gewinnbringende Einsicht in die Wissenschaft zu ermöglichen. Deshalb ist auch in einem Museum das Princip non multa sed multum zu befolgen. Es ist durchaus nicht nöthig, dem Volke eine Reihe Gestalten zu zeigen, deren jede von der andern verschieden ist; vielmehr ist es zweckmässig, dieselben Beispiele in verschiedenen Combinationen vorzuführen. Dadurch wird dem Volke eine Einsicht in das Wesen der Wissenschaft bedeutend erleichtert; die Beispiele müssen ihm geläufig werden. Ich schlage vor, in jedem Volksmuseum zwei Abtheilungen zu bilden, eine, die einen Ueberblick über die Zweige der Wissenschaft giebt, und eine andere, die einen Ueberblick über das von der Wissenschaft zu bearbeitende Material giebt. Beide Abtheilungen sind in Unterabtheilungen zu zerfällen, wodurch eben eine mehrfache Verwerthung derselben Beispiele ermöglicht wird. Von solchen Unterabtheilungen würde ich in der ersten Hauptabtheilung eines zoologischen Museums etwa zunächst vier unterscheiden, entsprechend meiner Eintheilung der Biographie.

In der ersten Unterabtheilung, der parabiontographischen, würde ich an passenden Beispielen aus allen Thierklassen die Zusammensetzung der thierischen Individuen aus untergeordneten Individuen, aus Organsystemen, Organen, Geweben und Zellen zur Anschauung zu bringen suchen. Ich würde hierbei sowohl das unentwickelte wie das ausgebildete Individuum berücksichtigen. Wo mir natürlich Präparate fehlen, oder wo sie zu klein sind, würde ich zu Abbildungen und besonders zu Modellen meine Zuflucht nehmen und überhaupt zu allen Hülfsmitteln, die sich in der Lehrpraxis bewährt haben und in einem Museum angewendet werden können. Das Material würde einmal entsprechend der Unterscheidung verschiedenartiger Individuen und verschieden funktionnirender Organe und Organsysteme zu ordnen sein; eine nebenhergehende Abtheilung sollte dagegen für jede als Beispiel gewählte Thierart alle auf diese Thierart bezüglichen Präparate zusammenstellen.

In der anabiontographischen Unterabtheilung würde die vergleichende Anatomie, Ontogenie und Systematik zu museologischer Darstellung gelangen. Die verschiedenen Stadien, welche der sich entwickelnde Organismus vom Zeugungsmomente bis zum Tode durchläuft, würden durch Präparate, Modell und Abbildungen für alle Thierklassen zur Darstellung gebracht werden müssen. Die

Anordnung des Materiales sollte auch hier eine zweifache sein; einmal sollten die verschiedenen Entwickelungsstadien jeder zur Darstellung gelangenden Thierart in ihrer zeitlichen Folge, das andere Mal die sich entsprechenden Entwickelungsstadien der verschiedenen Thierarten nebeneinander Platz finden. Bei zweckmässiger Einrichtung der Schränke würden sich indessen beide Anordnungsweisen in eine einzige verschmelzen lassen, wodurch die Nöthigung zur Anschaffung von Doubletten in Wegfall käme. Gestattet indessen die Einrichtung der Schränke eine solche Anordnung nicht, und ist für Doubletten kein genügender Raum vorhanden, so würde es sich empfehlen, von Zeit zu Zeit eine Umordnung vorzunehmen, um bald der einen, bald der anderen Anordnungsweise zu folgen. Dasselbe gilt auch für die parabiontographische Unterabtheilung des Museums.

In den beiden ontographischen Unterabtheilungen des dem allgemeinen Publikum zugänglichen Theils des Museums ist die Arbeit eine verhältnissmässig leichte. Schwieriger ist sie in den beiden bioekographischen; doch lassen sich die Schwierigkeiten, wenn man nicht zu viel anstrebt, überwinden. Während wir dort durch gleichmässige Berücksichtigung aller Thierklassen eine kurze, übersichtliche Darstellung des ontographischen Gesammtgebietes geben können, ist hier der Zweck durch einzelne gut gewählte Beispiele zu erreichen.

Für die Parabioekographie der Thiere würde die Zusammenstellung der Thiere und Pflanzen eines Wäldchens, einer Wiese und eines Teiches, einer kleinen Austernbank, einer Seegraswiese und einer Korallenbank sich empfehlen. Es müssten indessen bestimmte Geomeren zu einer bestimmten Jahreszeit zur Darstellung gelangen. Für die Anabioekographie möchte ich die Darstellung etwa eines norddeutschen Sumpfes zu verschiedenen Jahreszeiten in Vorschlag bringen. Das Erwachen des Lebens im Frühlinge, seine Entfaltung im Sommer, die herbstliche Fürsorge für das nächste Jahr und das winterliche Erlöschen und Ruhen des Lebens müsste in einer Reihe zusammenhängender Bilder dem Beschauer vorgeführt werden, wobei alle Pflanzen- und Thierarten, die dem Sumpfe als dauernde Bewohner oder regelmässige Besucher angehören, gleichmässig berücksichtigt werden sollten.

Die Aufgaben, welche die Bioekographie dem Museumsvorstande stellt, sind so mannigfache, dass es ihm nicht schwer werden kann, die für sein Museum passende Auswahl zu treffen,

weshalb ich von Anführung weiterer Beispiele Umgang nehmen kann.

Vielleicht wäre an diese vier Unterabtheilungen als fünfte eine palaeontologische zu reihen, und zwar lediglich eine solche, welche den verschiedenen Grad der stereogenetischen Erhaltungsfähigkeit der einzelnen Thierabtheilungen und der einzelnen thierischen Organe zur Anschauung bringt, welche den grössern oder geringern dokumentarischen Werth der Fossilien zeigt.

In der zweiten, der speciellen Hauptabtheilung der zoologischen Schausammlung sind drei Unterabtheilungen einzurichten, eine systematische, eine geographische und eine palaeontologische. Alle drei sind den Raumverhältnissen des Museums entsprechend vollständig zu gestalten.

Die systematische Unterabtheilung soll einen Ueberblick über den Formenreichthum des Thierreiches geben. Je nach der Grösse des Museums sollten entweder alle Familien, oder alle Gattungen des Systems gleichmässig repräsentirt sein. In dieser Sektion ist auf den Etiketten für die Hauptgruppen des Systems die Anzahl der untergeordneten Gruppen anzugeben, so dass sich der Besucher auch eines kleinen Museums eine annähernde Vorstellung von dem Artenreichthum der Thierwelt und dem relativen Artenreichthum ihrer einzelnen Gruppen machen kann. Zu warnen ist vor einer ungleichmässigen Zurschaustellung der Gruppen; die Anzahl der zu repräsentirenden Thierarten sollte möglichst durch den Artenreichthum der Gruppen, denen sie angehören, bedingt werden.

In der geographischen Unterabtheilung sind die am meisten charakteristischen Thiersippen der verschiedenen Länder der Erde zur Darstellung zu bringen, etwa im Anschlusse an WALLACE's Thiergeographie. Die Etiketten sollen den relativen Reichthum der einzelnen Länder an grösseren und kleineren Thiergruppen zeigen. Da ich WALLACE genannt habe, so muss ich hier eine Warnung aussprechen. WALLACE vereinigt bei seinen bildlichen Darstellungen auf jeder von seinen Tafeln verschiedene Thier- und Pflanzenarten zu einem Landschaftsbild, wie es in der Natur nie anzutreffen ist. Solche Darstellungen sind sowohl in Büchern wie in Museen zu vermeiden; sie erzeugen nur falsche Vorstellungen. Vielmehr sollte hier wie dort nichts zur Darstellung gelangen, was nicht möglicherweise auch in der Natur anzutreffen wäre. Die Vereinigung aller möglichen Arten von Kolibris auf einem einzigen Baume, der vielleicht noch mit den künstlichen Blättern und Blumen eines Putzgeschäfts geschmückt ist, muss für jedermann,

der auch nur im geringen Grade wissenschaftlich, pädagogisch und ästhetisch denkt, ein Gräuel sein. Gleichwohl habe ich solche Darstellungen in berühmten Museen gesehen.

Die palaeontologische Unterabtheilung zeigt eine Auswahl der fossilen Thierarten der verschiedenen Erdformationen. Es sind für diese Sektion ähnliche Gesichtspunkte maassgebend, wie für die beiden vorhergehenden. Uebrigens sollen auch Versteinerungen in jenen beiden ausgestellt werden, in der systematischen, um das Thiersystem vollständig zur Anschauung zu bringen, in der geographischen, um die ausgestorbenen mit den jetzt lebenden Thieren eines Landes zu verknüpfen.

In allen Abtheilungen ist das Ausgestellte in möglichster Vollendung der technischen Behandlung zu zeigen. Auf Naturtreue der Präparate ist für ein populäres Museum das grösste Gewicht zr legen, und es ist besser, wenige und gute als viele und schlechte Präparate auszustellen. Vor allem sollte die Kunst der Taxidermen wieder besser akkreditirt werden. Ein guter Taxiderm ist in einem öffentlichen Museum durchaus am Platze. Ich vermag in einem Taxidermen keinen geringeren Künstler zu erblicken als in einem Maler oder Bildhauer. Jedenfalls ist seine Kunst der eines Präparators anatomischer Specimina weit überlegen; natürlich giebt es dort wie hier Pfuscher.

In der nur dem Forscher zugänglichen Abtheilung des Museums gelten im Grossen und Ganzen nur zwei Principien für die Anordnung des Materials: Das letztere muss in jeder Weise leicht zugänglich sein, und es muss dafür gesorgt werden, dass es durch die Arbeit der Forscher nicht leicht in Unordnung gerathen kann. Ausserdem ist für eine genügende Anzahl von Doubletten zu sorgen. Die Präparate sollen zwar sorgfältig conservirt, nicht aber wie die in der populären Abtheilung durch Zeit- und Geldaufwand vertheuert und nebenbei vielleicht unbrauchbar gemacht sein. Aus der Fülle des Thierlebens der Erde soll auch in der wissenschaftlichen Abtheilung des Museums eine zweckentsprechende Auswahl getroffen sein, und hiernach sind eben jene vier Ordnungen von Museen zu unterscheiden.

Ich schlage vor, dass die Museen in Zukunft nicht jede mit Leichtigkeit auszuführende Erwerbung machen. Ich rathe sogar an, auch Geschenke zurückzuweisen, sobald sie nicht in den Rahmen des Museums passen. Nur dadurch, dass jedes Museum eine bestimmte wissenschaftliche Aufgabe erfüllt, kann die Gesammtheit der Museen den höchsten Grad ihrer Leistungsfähigkeit erlangen.

Dazu ist aber nöthig, dass jedes Museum alles das, was mit seiner speciellen Aufgabe nichts zu thun hat, rücksichtslos ausschliesst und denjenigen Museen zukommen lässt, in welchen es sich als nützlich erweisen muss. Man muss verlangen können, in jedem Museum dasjenige zu finden, was der Ordnung und geographischen Lage des Museums entspricht. Dann kann man aber nicht erwarten, dass der Museumsvorstand auf die Erwerbung alles Möglichen Bedacht nimmt. Kleine fragmentarische Sammlungen, vielleicht von Freunden des Museums geschenkt, nützen nicht nur nicht, sondern schaden durch Einnehmen von Raum und Verursachung unnöthiger Bemühungen.

Als zur ersten Ordnung naturkundlicher Museen gehörig unterscheide ich diejenigen, welche Sammlungen aus allen Erdtheilen beherbergen. Ich will sie pangäische nennen. Sie sollen alle Mineral- und Felsarten, alle lebenden und fossilen Pflanzen- und Thierspecies, alle Menschenrassen und menschlichen Erzeugnisse der Vergangenheit und Gegenwart durch möglichst viele Exemplare repräsentiren. Man kann zweckmässiger Weise in dieser Ordnung mineralogisch-geologisch-palaeontologische, botanische, zoologische und anthropologisch-ethnologische Museen unterscheiden.

Wie gross die Anzahl solcher Museen in einem Kulturlande von gegebener Grösse sein soll, lässt sich nicht ohne weiteres entscheiden. Grössere und stark bevölkerte Länder werden deren mehrere bedürfen; in kleineren genügt für jedes Fach ein einziges. In jedem Falle ist jedoch ein vollständiges Museum zwei unvollständigen vorzuziehen. Gleichwohl ist zu bedenken, dass ein einziges Museum eher ein Raub der Flammen werden kann als zwei.

Mit jedem wissenschaftlichen pangäischen Museum ist ein populäres zu verbinden, eine für Volksbelehrung geeignete Auswahl und Zusammenstellung von naturkundlichen Schätzen der ganzen Erde. Was ich über die populären Abtheilungen der Museen im allgemeinen gesagt habe, findet hier seine Anwendung. Ich wählte das Beispiel eines zoologischen Museums, in anderen Museen sind natürlich ähnliche Principien anzuwenden, welche im speciellen darzulegen jedoch mir der Beruf abgeht.

Die drei übrigen Ordnungen von Museen können wir den pangäischen Museen als geomerische gegenüberstellen. In ihren wissenschaftlichen Abtheilungen beherbergen sie ausschliesslich die Naturprodukte eines bestimmten Landes, einer bestimmten Pro-

vinz, eines bestimmten Bezirkes. In der populären Abtheilung sollen sie einerseits die populäre Abtheilung der pangäischen Museen in verkleinertem Massstabe wiederholen, andererseits aber sämmtliche Naturalienarten ihres Gebietes ausstellen. Anstatt einer populären Abtheilung sollen sie also eigentlich deren zwei besitzen. Die eine derselben, die pangäische, ist den für populäre Museen überhaupt maasgeblichen Principien gemäss einzurichten, wobei indessen die Naturalien des eigenen Gebietes in hervorragender Weise zu berücksichtigen sind. In der andern, derjenigen für das eigene Gebiet, genügt neben einer systematischen Anordnung der Naturalien die Aufstellung einer Anzahl von Kasten, welche die Vertheilung der Fundorte der Naturalienarten angeben. Ich halte es kaum für zweckmässig, die geomerischen Museen in zoologische, botanische und andere Museen von gleicher Ordnung zu sondern. Hauptsächlich durch die geomerischen Museen ist das Volk zu belehren und zur Theilnahme an der Wissenschaft heranzuziehen, weshalb ich die Vereinigung sämmtlicher Naturalienarten eines bestimmten Gebietes in einem einzigen Museum für nöthig halte. Wir wollen ja das Volk auf die Wechselwirkung welche überall zwischen Stereogaea, Hydrogaea, Aërogaea und Biogaea stattfindet, hinweisen.

Die drei Ordnungen der geomerischen Museen können wir beziehungsweise als Reichsmuseen, Provinzialmuseen und Bezirksmuseen bezeichnen. Für ein Land von der Grösse des deutschen Reiches würde ein einziges Reichsmuseum genügen. Jede Provinz von der durchschnittlichen Grösse der preussischen Provinzen sollte ein Provinzialmuseum, und jeder Bezirk von der Grösse eines preussischen Regierungsbezirks ein Bezirksmuseum haben. Das Reichsmuseum sollte eine gewisse Aufsicht über die Provinzialmuseen führen, diese sollten die Bezirksmuseen beaufsichtigen. Die Bezirksmuseen endlich sollten mit intelligenten Sammlern und Beobachtern in Verbindung stehen; diesen Museen sollte die Erforschung der Stereogaea und Biogaea ihrer Bezirke zufallen. Aus Doubletten ihrer Sammlungen sollen die Provinzialmuseen genährt werden; diese sollen zur Bildung und Erhaltung des Reichsmuseums zusammenwirken. Von den wissenschaftlichen Abtheilungen der geomerischen Museen ist durchaus alles auszuschliessen, was nicht aus ihrem Gebiet stammt; dagegen sollen sie für eine möglichst reichhaltige Doublettensammlung sorgen. Dem Reichsmuseum sollte ein Museum für die Kolonieen des betreffenden Reiches beigeordnet sein, und auch die Provinzialmuseen sollten

Abtheilungen für die bemerkenswerthesten Naturalien der Kolonieen besitzen. Gilt es ja doch, das Volk mit den Kolonieen seines Landes bekannt zu machen.

Der vollständigen Ausführung meines Planes stehen, das verkenne ich nicht, manche Hindernisse entgegen. Indessen wird man nicht leugnen können, dass dieser oder ein ähnlicher Plan mit der Zeit annähernd verwirklicht werden kann. Noch weniger wird man leugnen können, dass durch Befolgung dieses Planes die Gesammtausgabe für die naturkundlichen Museen eines Landes wesentlich gemindert, ihre Leistungsfähigkeit wesentlich erhöht werden wird.

Mein Plan dient zugleich der Wissenschaft und dem Lande, in welchem er zur Ausführung gelangt. Deshalb fordere ich alle, welche die Wissenschaft und ihr Land lieben, zur Theilnahme an seiner Verwirklichung auf.

Bedeutung und Dringlichkeit einer Kolonialthierkunde und die Mittel zu ihrer Erreichung.

Kaum jemals sind die Bestrebungen der Kulturvölker auf dem Gebiete der Kolonialpolitik so lebhaft gewesen wie gerade jetzt. Da die Wissenschaft viel zur Förderung kolonialer Bestrebungen beigetragen hat, so sollte sie auf einigen Dank rechnen dürfen. Dieser Dank würde sich am besten dadurch bethätigen, dass man der Wissenschaft Gelegenheit gäbe, aus der Kolonisation jungfräulicher Länder Nutzen zu ziehen. Man sollte es ihr ermöglichen, die neuen Kolonieen nach allen Richtungen hin sobald wie möglich zu durchforschen. Die naturwissenschaftliche Durchforschung älterer Kulturländer kann in manchen Beziehungen nicht so werthvolle Resultate geben wie diejenige solcher Gebiete, in welchen der Kulturmensch erst eben Fuss zu fassen beginnt. Aber da die Kultur schnell neue Verhältnisse schafft, so werden die naturwissenschaftlichen Aufschlüsse, welche eben angelegte Kolonien noch geben können, von Jahr zu Jahr weniger werthvoll. Eile in

der Erforschung der Kolonieen ist darum geboten. Dieselbe wir daher auch den kolonialen Bestrebungen selbst zum Vortheil gereichen. Wenn also auch die folgenden Blätter, in denen ich die Bedeutung, die Dringlichkeit und die Mittel zur schnellen Erreichung einer Kolonialthierkunde kurz darlegen möchte, zunächst an die Zoologen von Fach gerichtet sind, so möchte ich sie doch auch der Beachtung aller derjenigen empfehlen, die sich für Kolonisation interessiren.

Es würde überflüssig sein, für Zoologen von Fach die Bedeutung hervorzuheben, welche die thierkundliche Erforschung von Ländern, die noch nicht in den Bereich der Kultur gezogen sind, besitzt. Doch ich habe die Absicht, meine jüngeren Fachgenossen auf ein Gebiet hinzuweisen, auf welchem thätiges Arbeiten zur Zeit viel dringlicher ist als auf den breitgetretenen Wegen der vergleichenden Anatomie, Histologie und Entwicklungsgeschichte. Da ich ausserdem auch für Nichtzoologen schreibe, so mag es mir gestattet sein, die Bedeutung einer Kolonialthierkunde mit wenigen Worten hervorzuheben.

Für die Wissenschaft ist diese Bedeutung eine in doppelter Weise hervorragende. Es ist bekannt, wie aus der gegenwärtigen Verbreitung der verschiedenen Thiergruppen im Vergleiche zu derjenigen in früheren Erdepochen auf stattgehabte Wanderungen und weiterhin auf die frühere Vertheilung von Land und Wasser geschlossen werden kann. Wie anziehend das Studium der geographischen Verbreitung der Thiere ist, haben besonders die schönen Arbeiten von Wallace gezeigt. Laien, welche sich für dieses Studium interessiren, darf besonders die Lektüre von Wallace's berühmtem Reisewerke über den malayischen Archipel empfohlen werden. Aus ihm ersehen wir, wie sehr verschieden die Geschichte der einzelnen Inseln und Inselgruppen dieses Archipels ist. Zu so schönen Resultaten ist Wallace aber nur auf Grund des sorgfältigsten Studiums der Thierwelt der einzelnen Inseln gelangt. Eine Kolonialthierkunde wird also zunächst von hervorragender geogenetischer Bedeutung sein; sie wird werthvolle Beiträge liefern zum Ausbau der Geschichte unseres Planeten.

Dann aber ist das Studium der Thierwelt jungfräulicher Kolonieen in hervorragender Weise geeignet, die Bioekographie zu fördern. Diese Lehre von dem Haushalte der Wohnortsgenossenschaften, von den Beziehungen, welche die Thiere und Pflanzen eines Wohngebietes zu einander und zu Erdboden, Gewässer und

Klima haben, ist in den Kulturländern ungleich schwieriger zu studiren. Hier hat der Mensch durch Ackerbau, Forstwirthschaft und Viehzucht die ursprünglichen Wohnortsgenossenschaften zerstört und an ihre Stelle künstliche gesetzt. Zwar soll auch in den Kulturländern das Studium der Bioekographie eifriger betrieben werden; es wird aber von ungleich höherer Bedeutung sein, wenn wir mit den Verhältnissen der Kulturländer diejenigen der Urländer vergleichen.

Das bioekographische Studium ebenso wie dasjenige der geographischen Verbreitung der Thiere erfordern Zeit und Musse. Es muss von Naturforschern betrieben werden, die im Lande ansässig sind.

Gerade deswegen sind von den Urländern die im Entstehen begriffenen Kolonieen der Kulturvölker ganz besonders zum Arbeitsfelde für solche Forschungen geeignet. Hier kann der Forscher ruhig und ungestört unter dem Schutze einer geregelten Verwaltung arbeiten, während die Natur ihrer Jungfräulichkeit noch nicht beraubt ist. In uncivilisirten Ländern, die noch nicht unter die Botmässigkeit eines Kulturvolkes gebracht sind, ist das meistens nicht möglich.

Es ist selbstverständlich, dass neben der Geogenie und Bioekographie auch noch viele andere Wissenszweige aus einer planmässigen Kolonialthierkunde Nutzen ziehen werden; doch ist es überflüssig, hier darauf einzugehen. Vielmehr wollen wir darauf hinweisen, dass einer solchen eine über die rein wissenschaftliche hinausgehende Bedeutung zukommt.

Hier ist zunächst an das Interesse zu erinnern, welches der Kolonist durchweg an der Thierwelt seiner neuen Heimath nimmt. Es ist ja erklärlich, dass das geistige Bedürfniss des Ansiedlers, der so manches, was die alte Heimath bot, entbehren muss, dort seine Befriedigung sucht, wo er sie am schnellsten findet, an der Natur des neuen Landes. Fremdartig tritt dem Kolonisten hier Pflanzen- und Thierwelt entgegen; er möchte mit dem Neuen, das er sieht, vertraut werden. Ohne sachkundige Anleitung ist ihm das aber nicht möglich. Er bedarf einer sachkundigen Belehrung, ja, er hat das Recht, eine solche zu verlangen. Durch Schaffung einer Kolonialthierkunde sorgen wir also nicht nur für den Zoologen, sondern auch für den Ansiedler, der das fremde Land in ein Stück der alten Heimath verwandelt.

Es kann ferner die Kolonialthierkunde auch nicht ohne Folgen für die Technik der Kolonisation sein. Schädliche und nützliche Thiere werden ausfindig gemacht und in ihren Lebensbedingungen erforscht werden. Dadurch werden sich Mittel finden lassen, die schädlichen zu vertilgen und die nützlichen zu erhalten. Es wird aber auch der in der Thierkunde einer neuen Kolonie bewanderte Naturforscher fremde Thiere namhaft machen können, welche mit Aussicht auf Erfolg zu Akklimatisationsversuchen verwendet werden können. In vielen Kolonieen wird eine Vermehrung der jagdbaren Vierfüssler und Vögel und nicht minder der nutzbaren Fische willkommen sein. Auch Insekten, welche zur Befruchtung der Blüthen mancher Kulturpflanzen nöthig sind, werden hier und dort eingeführt werden müssen. Vielleicht auch sind manche unangenehme einheimische Insekten dadurch zu vertreiben, dass man weniger unangenehme fremdländische, die jene zu verdrängen geeignet sind, einführt; so hat man in Neuseeland thatsächlich und absichtlich die europäische Stubenfliege zur Vertreibung der unangenehmen Maorifliege benutzt. Anderseits ist darauf zu sehen, dass die Akklimatisation fremder Thiere nicht übereilt geschieht, wie beispielsweise die der Haussperlinge in Australien. In allen solchen Fragen aber kann ein mit den zoologischen Verhältnissen der Kolonie vertrauter Naturforscher am ehesten Aufschlüsse geben und Rathschläge ertheilen.

Endlich ist die Kolonialthierkunde geeignet, Antheil zn nehmen an der Verbreitung von Kenntnissen über die Kolonieen. Das Volk in der Heimath will wissen, wie es draussen aussieht; besonders aber interessirt es sich für seine eigenen Kolonieen. Belehrung auf allen in Betracht kommenden Wissensgebieten muss ihm geboten werden. Es ist in Bezug auf Thierkunde dafür zu sorgen, dass die Museen im Mutterlande eine reiche Auswahl von Repräsentanten der kolonialen Faunen zur Schau stellen. Der Kolonialpolitik kann es nur nützen, wenn das Volk daheim in jeder möglichen Beziehung für seine Kolonieen interessirt wird.

Mit der zoologischen Erforschung neu gegründeter Kolonieen muss unverzüglich begonnen werden. Jedes Jahr des Verzuges wird nicht ohne nachtheilige Folgen bleiben. In früheren Zeiten ist bei der Gründung von Kolonien der Wissenschaft nicht ihr Recht widerfahren. Durch rücksichtslose Ausrottung der einheimischen Thiere und Pflanzen ist die Gelegenheit zu einem gründlichen Studium derselben in manchen Kolonieen unwieder-

bringlich dahingegangen. So in Neuseeland, in Australien, auf den Maskarenen. Die Wissenschaft will die Kolonisation nicht aufhalten; aber sie darf verlangen, dass man ihr in der neuen Kolonie ein Plätzchen gewährt, ehe es zu spät ist. Es sind besonders vier Umstände, welche die sofortige Inangriffnahme der Kolonialthierkunde gebieterisch fordern.

Zunächst ist es gewiss, dass in sämmtlichen neu angelegten Kolonieen viele einheimische Thierarten bald aussterben werden. Auch viele Pflanzenarten werden verschwinden und das Aussterben anderer Thierarten nach sich ziehen. Dadurch werden für die Wissenschaft, welche zu spät kommt, unausfüllbare Lücken geschaffen werden. Es ist um so nöthiger, hierauf aufmerksam zu machen, als oft der Nachweis einer einzigen bestimmten Thierart ungemein wichtig ist und über die frühere Geschichte eines Landes die bedeutendsten Aufschlüsse geben kann. Solches ist beispielsweise der Fall mit einem angeblich otterähnlichen Säugethiere, welches in Neuseeland existiren soll. Als das einzige jetzt noch lebende einheimische Landsäugethier dieses Inselkontinentes ist es in ganz hervorragender Weise geeignet, die Geschichte Neuseelands zu erhellen. Dazu aber müssten wir es näher kennen. Könnten wir in Neuguinea neben Beutelthieren, Fledermäusen Ameisenigeln, Hunden, Schweinen und kleinen Nagern noch eine einzige höhere Säugethierart nachweisen, so würde das eine zoologische Entdeckung allerersten Ranges sein. Diese beiden Beispiele zeigen, dass es nöthig ist, sämmtliche einheimische Thierarten eines Landes kennen zu lernen. Andererseits zeigt das Beispiel der Maoriratte wie eine Thierart verschwinden kann, ohne jemals dazu zu gelangen, beschrieben und abgebildet zu werden. Ehe die Europäer nach Neuseeland kamen, lebte dortselbst eine Rattenart, die in keinem Werke beschrieben, auf keiner Tafel abgebildet, in keinem Museum aufbewahrt ist.

Des weiteren ist zu bedenken, dass in vielen Kolonieen, so in Neu-Guinea, die Eingeborenen bald aussterben, jedenfalls sehr bald degeneriren werden. Nun sind aber die Eingeborenen meist vortreffliche Kenner der einheimischen Thierwelt. Manche werthvollen Aufschlüssen über das Leben der Thiere wird man von ihnen erlangen können; vielleicht auch als Sammler werden sie treffliche Dienste leisten. Wir sollten sie uns deshalb dienstbar machen, ehe sie unbrauchbar geworden sind.

Ein besonders wichtiger Umstand für die Begründung der

Dringlichkeit einer Kolonialthierkunde liegt in der Hoffnung, dass wir von den in die Kolonie eingeführten und dortselbst verwilderten Thierarten Aufschlüsse über den Modus der Artenentstehung gewinnen können. Wir können mit einiger Zuversicht annehmen, dass sich manche dergleichen Thierarten verändern werden. Soll uns ihr Studium den grösstmöglichen Nutzen gewähren, so ist es mit der Ansiedlung der ersten thierischen Kolonisten zu beginnen. Hätte man die Sperlinge und Kaninchen, die jetzt in den verschiedensten Ländern verwildert sind, von vornherein studirt, ich glaube, man würde zu interessanten Resultaten gekommen sein. Zum mindesten ist es nothwendig, dass man von Anfang an Notizen über die Ausbreitung solcher Thiere sammelt und alljährlich eine grössere Anzahl von Exemplaren conservirt und für späteres vergleichendes Studium aufbewahrt.

Endlich ist von grosser Wichtigkeit das Studium der Umwandlungsprocesses, welchen in jeder Kolonie die Gesammtheit der Thier- und Pflanzenwelt, in Folge der Kolonisation durchlaufen wird. Ueber die Gesetze, welche den Naturhaushalt regeln, wird man dadurch schöne Aufschlüsse erhalten. Man wird beobachten, wie das Gleichgewicht der ursprünglichen Wohnortsgenossenschaften ins Wanken geräth, wie eine neue Ordnung der Dinge sich etablirt, wie neues Gleichgewicht eintritt. Man wird sehen, welche Arten in diesem Kampfe Sieger bleiben, wer die Besiegten sind, welche Eigenschaften jenen den Sieg, diesen den Untergang verhalfen.

Solches sind die Gründe, welche die Wissenschaft zum Beweise der Dringlichkeit der Kolonialthierkunde anführt; als umfassende Illustration derselben mag die nachfolgende dienen.

Vor St. Vincent's Golf in Südaustralien, in nächster Nähe des Festlandes, liegt die Känguruhinsel. Jedenfalls hat dieselbe früher mit dem Festlande in Zusammenhang gestanden. Sie ist indessen schon lange genug von demselben getrennt gewesen, um einige ihr eigenthümliche Pflanzen- und vielleicht auch Thierarten zu entwickeln. Gewiss ist, dass die Ureinwohner Australiens die Insel nie betreten haben. Es wäre nun in erster Linie interessant, den Zeitpunkt ihrer Loslösung vom Festlande festzustellen und die Ursachen zu erforschen, welche zur Erhaltung der in ihrer Zusammensetzung eigenthümlichen Biogaea der Insel und zur Erhaltung der nur auf der Känguruhinsel gefundenen Arten geführt haben. Dass die Erforschung dieser Ursachen hier vielleicht

möglich ist, ist um so eher zu erwarten, als das Klima der Insel ein verhältnissmässig mildes und feuchtes und von dem strengen und trockenen Klima des Festlandes wesentlich verschiedenes ist. Zur Lösung der Aufgabe ist es aber nöthig, sowohl die Biogaea des gegenüberliegenden Festlandsgebietes wie diejenige der Insel in ihren Einzelheiten zu erforschen. Leider ist ein solches Unternehmen jetzt kaum noch möglich. Das Festlandsgebiet, welches der Insel gegenüberliegt und St. Vincent's Golf einschliesst, ist der dichtest bevölkerte Theil der Kolonie Südaustralien, auf welchem die Kultur schon die weitgehendsten Verheerungen in der ursprünglich einheimischen Biogaea angerichtet hat. Diese Verheerungen greifen auch auf der Insel jetzt mehr und mehr um sich. Doch sind es nicht nur Verheerungen, es sind auch die Einschleppungen von Pflanzen und vielleicht auch Thieren des Festlandes, welche die Lösung der interessanten Aufgabe, welche die Känguruh-Insel dem Biographen bietet, sehr wesentlich erschweren. Vor allem wird hier die Schafzucht verhängnissvoll. Dieselbe wird jetzt, wie überall in Australien, auch in Kangaroo Island in grossem Massstab betrieben. Schafe sind wichtige Verbreiter von Pflanzensamen, die in ihrer Wolle haften. Da die Schafe oft von weit entfernten Gegenden des Festlandes nach der Insel gebracht werden, so muss die Flora derselben mit Pflanzen aus jenen Gegenden bereichert werden. Des weiteren muss das fortwährende Abweiden der von den Schafen bevorzugten einheimischen Pflanzen diese letzteren wesentlich vermindern, die verschmähten wesentlich vermehren und so das Gleichgewicht in der Biogaea bedeutend stören. Die Nahrung, welche die Känguruh-Insel den Schafen bietet, ist so gering, dass es nöthig ist, das Buschland durch Feuer säubern zu lassen, um die Schafe durch die nachher aufkeimenden Kräuter und die saftigen neuen Schösslinge der niedergebrannten Bäume und Sträucher mit Futter zu versorgen. Die wiederaufgewachsenen Büsche werden nach vier oder fünf Jahren wieder niedergebrannt, denn inzwischen ist die Vegetation wieder zur Nährung eines Feuers tauglich geworden. Sie ist neu erzeugt worden durch die Entwicklung neuer Triebe aus den unversehrten Wurzelstöcken und durch die Keimung von Samenkörnern, die in der Erde ruhten. Nothwendigerweise müssen durch das Feuer solche Pflanzenarten mit der Zeit zu Grunde gehen, deren Individuen nicht vor ihrem fünften Jahre Samen erzeugen. Auch viele einjährige oder zweijährige Pflanzenarten, deren Samen in ungenügender Weise

geschützt sind, müssen, da das Abbrennen des Busches meistens zur Zeit der Samenreife geschieht, aussterben. Natürlich sind durch das Feuer Thierarten durchaus nicht minder als die Pflanzenarten direkt und indirekt bedroht. Das interessante eierlegende Säugethier der Känguruh-Insel, der Ameisenigel, der von den gegenüberliegenden Festlandstheilen wahrscheinlich schon gänzlich verschwunden ist, wird in Folge der Buschfeuer immer seltener; er legt ja ohnehin alljährlich nur ein einziges Ei. Bei jahrelanger Fortsetzung des Abbrennens von Buschland auf der Känguruh-Insel wird der Busch, der den losen sandigen Boden vor Wind und Regen schützt, immer seltener werden. Diese Agenzien werden den felsigen Stock der Insel blosslegen und die thonigen Ebenen derselben in Sandwüsten verwandeln. Tiefgreifende Aenderungen in Vegetation und Thierleben werden die Folgen sein. Es ist um so wichtiger, alles Obige im Auge zu behalten, als Kangaroo Island neben Tasmanien die einzige grosse Insel des Südküstenmeeres von Australien ist.

Eine schnelle Inangriffnahme der Kolonialthierkunde wird natürlich auch den Kolonisten und der Kolonisationstechnik zu Gute kommen. Namentlich ist sie aber auch deshalb geboten, weil bei ihrer Vernachlässigung sich Unberufene zu Kolonialzoologen machen werden, wie das in den australischen Kolonieen vielfach zu beobachten ist. Getrost beschreiben und benennen solche Leute Thierarten, ohne sich um etwa schon bestehende Namen und Beschreibungen zu kümmern. Heillose Verwirrung wird dadurch angerichtet, wie es den Zoologen von Fach nur zu bekannt ist. Eine Organisation berufener Zoologen zum Zwecke der Erforschung der Kolonieen ist unumgängliche Nothwendigkeit. Wir werden im Folgenden sehen, wie sie beschaffen sein soll, was sie zu leisten hat und wie sie von anderer Seite zu unterstützen ist.

Die Zwecke, welche im Auge habe, können durch Expeditionen nicht wohl erreicht werden. Expeditionen sind ganz vorzüglich geeignet, einen Ueberblick über das zu erforschende Gebiet zu gewähren; aber zu eingehenden Studien fehlt es auf ihnen an Zeit. Für solche Studien ist auch die reichste Ausrüstung, welche Expeditionen gewährt werden kann, viel zu ungenügend. Wer jemals als Zoologe an einer grösseren Expedition theilgenommen hat, weiss, dass ich Recht habe. Der einzelne Reisende ist zwar ungleich günstiger gestellt; aber ein Reisender bleibt immer ein Reisender. Wer die Thierwelt eines Landes in erschöpfender

Weise erforschen will, muss in dem Lande vollständig zu Hause sein. Er muss seinen dauernden Wohnsitz dort nehmen. Zur Stütze dieser Ansicht kann ich die Worte keines Geringeren anführen als Alfred Russel Wallace's. Wenn jemals ein Zoologe als reisender Beobachter und Sammler Grosses geleistet hat, so ist es Wallace. Seine Reisen in Südamerika und sein langjähriger Aufenthalt auf den Inseln des malayischen Archipels verleihen seinen Worten ganz besonderes Gewicht. Ausserdem ist kein anderer Naturforscher der Gegenwart so vertraut mit den Einzelheiten über die geographische Verbreitung der Thiere wie Wallace. Besser als irgend jemand anders muss er daher wissen, wie die Lücken in unseren Kenntnissen dieser Verbreitung auszufüllen sind. In seinem schönen Werke über den Ursprung der insularen Faunen und Floren sagt Wallace: „Ich kann hier nicht die enorme Vergeudung von Arbeit und Geld mit verhältnissmässig dürftigen und unbedeutenden Ergebnissen seitens der meisten grossen wissenschaftlichen Reisen unberührt lassen, welche in diesem Jahrhundert von den verschiedenen civilisirten Staaten ausgesendet worden sind. Alle diese Expeditionen zusammengenommen haben viel weniger zur Erforschung entfernter Länder und Zonen gethan als private Sammler. Sie haben fragmentarische Sammlungen von weitzerstreuten Lokalitäten nach Hause gebracht, und dieselben sind gewöhnlich beschrieben worden in dicken Foliobänden, deren Werth oft in umgekehrtem Verhältnisse zu ihrem Umfange und ihrem Preise steht. Dieselben Arten sind wieder und wieder eingesammelt, häufig unter neuen Namen verschiedene Male beschrieben und nicht selten Gegenden, welche sie nie bewohnten, zugeschrieben worden. Die Folge dieses erbärmlichen Verfahrens ist die, dass die Produkte einiger der häufigst besuchten und interessantesten Inseln der Erde noch jetzt sehr ungenügend bekannt sind, während ihre einheimischen Pflanzen und Thiere jahraus jahrein ausgestellt werden, und solches ist der Fall selbst mit Ländern, die unter der Oberhoheit oder Schutzherrschaft europäischer Staaten stehen. Hierher gehören die Sandwich-Inseln, Tahiti, die Marquesas-Inseln, die Philippinen und eine ganze Reihe kleinerer, während Bourbon und Mauritius, St. Helena und verschiedene andere erst einigermaassen erforscht worden sind, nachdem ein beträchtlicher Theil ihrer Naturprodukte durch Kultur und die rücksichtslose Einführung von Ziegen und Schweinen zerstört worden war. Die Anstellung eines ansässigen Naturforschers

für eine sehr geringe jährliche Ausgabe in jeder unserer Besitzungen und in denen anderer europäischer Mächte würde mehr zur Erlangung von bezüglichen Kenntnissen beigetragen haben als alle die kostspieligen Expeditionen, die wieder und wieder die Erde umschifft haben."

Mit den letzten Worten hat Wallace die Richtung angegeben, in welcher mit Sicherheit gute Resultate in Aussicht stehen. Wollen wir sämmtliche Thierformen der Erde kennen lernen, so müssen wir die letztere in Bezirke eintheilen, deren jeder einem ansässigen Zoologen zu unterstellen ist. Vor allen Dingen hat dies unverzüglich mit Kolonieen zu geschehen, mit deren Kultur eben begonnen wird. Hier ist besonders grosse Eile nöthig; andererseits finden ansässige Naturforscher hier ausreichenden Schutz. Man sende also beispielsweise nach sämmtlichen Kolonieen, die das deutsche Reich erworben hat, je einen Zoologen, dem die Aufgabe der faunistischen Erforschung der Kolonie zufällt.

Die Wahl des betreffenden Naturforschers ist nicht ganz gleichgültig. Unsere jungen, eben von der Universität kommenden Zoologen sind ohne weitere Vorbereitung wenig dazu geeignet. Sie sind meistens so sehr mit anatomischen, histologischen und entwicklungsgeschichtlichen Studien beschäftigt worden, dass sie keine Zeit gehabt haben, sich mit der Systematik der Thiere und mit der Praxis des Sammelns und der Konservation zu befassen. Auch haben sie meistens nicht gelernt, das Verhältniss der Thierwelt zum grossen Naturganzen ins Auge zu fassen. Gleichwohl verdienen sie vor gewöhnlichen Sammlern den entschiedensten Vorzug. Wer der Wissenschaft nützen will, muss einen Einblick in das Wesen derselben gethan haben. Das ist bei Sammlern mit nur praktischer Vorbildung nicht der Fall. Die jungen Zoologen sind aber dazu anzuhalten, sich durch das Studium von Werken über Thiergeographie und Bioekographie, namentlich aber durch praktische Uebung in der Konservation von Vertretern sämmtlicher Thierklassen vorzubereiten. Auch mit der Praxis des Sammelns, mit Jagd und Fischerei sollte sich der angehende Kolonialzoologe nicht erst auf dem Schauplatze seiner Thätigkeit vertraut machen.

Ein wissenschaftlich und praktisch genügend vorbereiteter Zoologe wird vorläufig für eine einzelne Kolonie genügen. Seine Thätigkeit wird bald zeigen, ob die Anstellung eines zweiten und

dritten nöthig ist. Jedenfalls sollte aber dem Kolonialzoologen ein brauchbarer Assistent beigegeben werden.

Sämmtliche Kolonialzoologen sollten unter der Leitung eines Direktors stehen, der zugleich Direktor der zoologischen Abtheilung des im Mutterlande zu gründenden Kolonialmuseums sein würde. An diesen würden die Sammlungen einzusenden sein, um durch ihn an die Bearbeiter derselben vertheilt zu werden.

Für den Zweck sorgfältiger und schneller Bearbeitung der Sammlungen müsste nämlich eine bedeutende Anzahl von Specialforschern geworben werden, was durch den Direktor der Kolonial-Zoologie geschehen zu haben würde. Solcher Specialisten, die gern die ihnen zugedachte Arbeit übernehmen würden, giebt es ja in jedem ältern Kulturlande eine genügende Anzahl. Freilich würde es nöthig sein, ihnen die schnelle Bearbeitung der eingesandten Thiere zur Pflicht zu machen.

Dass in jedem Kulturstaate, der Kolonieen besitzt, die Gründung eines Kolonialmuseums nöthig werden wird, ist kaum zu bezweifeln. Es fragt sich nur, wo die Sammlungen bis zu seiner Gründung verbleiben sollen. In betreff des deutschen Reiches, das ausschliesslich mit jungfräulichen Kolonieen zu thun hat, komme ich weiter unten auf diese Frage zurück; für andere Staaten kann ich nicht wohl Vorschläge machen. Auch in den Kolonieen sind Sammlungen aufzubewahren, sowohl zur Hülfe bei den Arbeiten der Kolonialzoologen wie zur Belehrung der Kolonisten. Da man in den älteren Kolonieen, die schon Museen besitzen, beispielsweise in den englischen Kolonieen in Australien, äusserst unzweckmässig zu Werke gegangen ist, so möchte ich hier kurz darlegen, wie man bei der Gründung kolonialer Museen zu verfahren hat. Es ist nicht meine Absicht, etwa den Anglo-Australiern hier Rathschläge ertheilen zu wollen, wohl aber möchte ich einige Worte über die Anlegung von Sammlungen in solchen Kolonieen sagen, wie sie beispielsweise Holland, England und Deutschland in Neu-Guinea besitzen.

Allerdings sind in dergleichen Kolonieen, was manchem verfrüht erscheinen möchte, solche Sammlungen von vornherein anzulegen. Nicht um die Errichtung von Schaumuseen handelt es sich; dieselben werden vielleicht auf viele Jahre hin entbehrlich sein. Dagegen ist, wie wir gesehen haben, die zoologische Erforschung neuer Kolonieen schon mit ihrer Anlegung zu beginnen, und die Arbeit der Kolonialzoologen wird wesentlich erleichtert werden,

wenn er von sämmtlichen ihm begegnenden Thierarten eine Reihe von Exemplaren zur eignen Orientirung in der Kolonie behält. Dadurch wird zugleich der Grund zu einem später zu errichtenden Kolonialmuseum gelegt werden. Sobald das Gebäude dazu erbaut ist, wird man schon eine grosse Anzahl von identificirten Exemplaren zur Aufstellung bereit finden. Es wird der Kolonie nicht so gehen wie etwa der Kolonie Süd-Australien, wo zwar schon seit einem Vierteljahrhundert ein Museum existirt, das aber die süd-australische Fauna nur sehr dürftig repräsentirt ohne Hoffnung auf grossen Zuwachs und seinen Besuchern meistens ungenügend etikettirte Thiere vorführt. Ein billiges, aber zweckmässiges Gebäude ist genügend, den Nukleus der zoologischen Kolonialsammlung aufzunehmen. Die Bewahrung der Sammlungen vor Verfall ist fast die einzige Sorge, die bei seiner Einrichtung maassgebend ist. Ausserdem muss natürlich für genügenden Arbeitsraum gesorgt werden. Viel Geld braucht ein solches Gebäude nicht zu kosten, und auch seine Ausstattung mit Geräthschaften und Konservationsmaterial ist mit sehr geringen Ausgaben zu bestreiten. Desgleichen wird die Anschaffung einer Bibliothek für den Kolonialzoologen keine erheblichen Kosten verursachen; eine Reihe von Handbüchern und die über die Kolonie erschienenen Publikationen genügen für seine Zwecke.

Hiermit komme ich zu den über die Thierwelt der Kolonieen herauszugebenden Publikationen. Ich schlage deren vier verschiedenartige vor.

Zunächst eine Zeitschrift, welche fortlaufende Berichte über den Gang der Untersuchungen in jeder Kolonie bringt. Sie soll das Arbeitsfeld des Kolonialzoologen skizziren, Mittheilungen über die Einrichtung seines Centralquartiers bringen und die ihm entgegentretenden Schwierigkeiten und ihre erfolgreiche Ueberwindung schildern. Nicht minder soll sie Angaben über die Anwendung, die er von den ihm zugewiesenen Mitteln macht, liefern. Endlich soll sie vorläufige Mittheilungen über besonders wichtige Entdeckungen bringen und überhaupt alle einschläglichen allgemeinen Fragen einer Besprechung unterziehen.

Eine zweite und sehr wichtige Publikation würde in einem Atlas der Kolonialfauna bestehen. Es ist nämlich zu bedenken, dass die Beschreibung der eine Kolonie bewohnenden Thierarten nur das Mittel für spätere eingehende Forschungen ist. Dazu aber ist es nöthig, dass genügende Beschreibungen und Abbil-

dungen der einzelnen Thierarten in einem handlichen Werke gesammelt werden. Solche Werke sind schon in Ländern mit reichhaltigen Bibliotheken dringendes Bedürfniss; wie viel mehr dort, wo solche Bibliotheken nicht existiren. Ich will mit meinem Vorschlage nicht kostspieligen Bilderwerken das Wort reden; aber ich glaube nicht, dass das Bedürfniss eines mit klaren Abbildungen ausgestatteten zoologischen Atlas für jede einzelne Kolonie bestritten werden kann. Ich schlage vor, mit der Publikation solcher Atlanten sofort zu beginnen, und muss deshalb einige Worte über ihre Einrichtung machen. Es sollte durchweg jede Thierart mit einer Tafel bedacht werden. Die kleineren Arten sollten in natürlicher Grösse oder vergrössert abgebildet werden, die grösseren in verkleinertem Maassstabe; Grossoktav würde vielleicht das angemessenste Format sein. Jede Tafel sollte von einem Blatte Text begleitet werden, welches neben der Beschreibung auch eine Skizze über die Lebensweise des abgebildeten Thieres bringt. Ohne Rücksicht auf das System sollten die einzelnen Thierarten möglichst schnell zur Abbildung und Beschreibung gelangen; eine nachträgliche systematische Ordnung der einzelnen Tafeln und Blätter ist ja leicht möglich. Der Atlas sollte nicht nur die neuentdeckten Thierarten enthalten, sondern überhaupt alle, die der betreffenden Kolonie angehören. Dadurch würde auch dem Unwesen der Synonymik ein Ende bereitet werden.

Ist der Atlas so weit vollendet, dass an eine Ordnung des Materials gedacht werden kann, dann müssen zwei weitere Werke über die Thierwelt der Kolonieen ins Leben gerufen werden. Einerseits für jede Kolonie ein Handbuch, welches in systematischer Form einen Ueberblick über die Fauna der Kolonie giebt, aber auch dazu geeignet ist, den Naturfreunden unter den Kolonisten in die Hand gegeben zu werden; andererseits ein Kartenwerk, welches die Verbreitung der einzelnen Thierarten in jeder Kolonie angiebt, soweit diese Verbreitung eine diskontinuirliche ist. Mit Hülfe des Handbuches und der Karten wird sich auch derjenige in der Thierwelt der Kolonie heimisch machen können, der den grundlegenden Thieratlas nicht besitzt.

Sollen meine Vorschläge zur Ausführung gelangen, so ist eine einheitliche Organisation zur zoologischen Erforschung der Kolonieen in jedem kolonisirenden Lande ins Leben zu rufen. Ohne eine solche Organisation, welche auf ein bewusstes Ziel hinsteuert, wird die Kolonialthierkunde nur Stückwerk bleiben, wie sie

es auch in den ältesten Kolonieen europäischer Staaten heute noch ist. Es kann indessen nicht meine Aufgabe sein, allgemein gültige Vorschläge zur Schaffung solcher Organisationen zu machen; auch sind die Verhältnisse in den verschiedenen Kulturländern zu verschieden, als dass dergleichen Vorschläge viel nützen könnten. Vielmehr muss ich mich bei den folgenden Vorschlägen auf die ausschliessliche Berücksichtigung der deutschen Verhältnisse beschränken. Gleichwohl glaube ich auch einige Winke für andere Staaten zu bringen.

Es ist bekannt, dass die neuen deutschen Kolonieen nach dem Beschlusse des Reichskanzlers durchweg von Kompagnien auszubeuten und zu verwalten sind. Deshalb ist es nicht wohl zu erwarten, dass die Reichsregierung die ersten Schritte zur zoologischen Erforschung der Kolonieen thun sollte. Aber auch die Erwartung, dass die einzelnen Kolonialgesellschaften die bis ins einzelne gehende naturkundliche Erforschung der Kolonieen in die Hand nehmen sollten, ist eine kaum gerechtfertigte. Wir müssen uns zufrieden geben, wenn dieselben durch Aussendung von Expeditionen uns zunächst zu einer übersichtlichen Kenntniss der Kolonieen verhelfen. Auch würde dadurch, dass die einzelnen Kolonial-Gesellschaften Naturforscher in ihren Kolonieen anstellen, eine unnöthig hohe Geldausgabe mit nicht entsprechendem Erfolge bedingt werden. Es würde zu befürchten sein, dass das gesammelte Material zerstreut würde. Möglichst geringe Geldausgabe mit möglichst grossem Erfolge steht nur zu erwarten, wenn eine Deutsche Zoologische Kolonialgesellschaft ins Leben gerufen wird. Die von einer solchen Gesellschaft für die Bearbeitung der einzelnen Thiersippen geworbenen Specialisten würden dann für sämmtliche Kolonieen gemeinschaftlich arbeiten. Von den deutschen Zoologen muss die zoologische Erforschung der deutschen Kolonieen in Angriff genommen und durchgeführt werden; sonst sind bedeutende Ergebnisse nicht zu erwarten.

Ich fordere desshalb auf zur Gründung einer Deutschen Zoologischen Kolonialgesellschaft. Zur Mitgliedschaft sollten freilich nicht nur Zoologen, sondern alle berechtigt sein, denen Vaterland und Wissenschaft am Herzen liegen. Eintrittsgeld und ein jährlicher Geldbeitrag sollten von jedem Mitgliede erhoben werden. Die Mitglieder sollten einen Verwaltungsrath wählen; vom Verwaltungsrathe würde der Director den Sammlungen, dem zugleich die Redaktion der Publikationen zufallen würde, desgleichen auch

die Kolonialzoologen anzustellen sein. Dem Direktor würde die Aufgabe zufallen, für eine genügende Anzahl von Specialisten zur Bearbeitung des eingesandten Materials zu sorgen. Ich halte es für zweckmässig, zum Sitz des Verwaltungsrathes Berlin und zum Direktor der Sammlungen den Direktor des Berliner zoologischen Museums zu wählen. Ein Theil des eingesandten Materials könnte dann diesem Museum zufallen, und es steht zu erwarten, dass die preussische Staatsregierung dafür alljährlich der Gesellschaft eine namhafte Geldsumme zur Verfügung stellen würde. Vielleicht werden gegen Ueberlassung identificirter Doubletten diejenigen deutschen Staaten, welche grössere Museen besitzen, ein Gleiches thun. Auch die Reichsregierung würde vielleicht einen Theil der Kosten bestreiten, wenn ein Theil der Sammlungen für die Gründung eines Reichskolonialmuseums reservirt wird, vielleicht auch schon ohne dies. Endlich ist auch von jeder der deutschen Kolonialgesellschaften, denen ja eine gründliche und allseitige Erforschung der Kolonieen nur zu Gute kommen kann, auf einen alljährlichen Geldbeitrag zu rechnen. Mit dem Gelde ist die Besoldung der Kolonialzoologen und ihrer Assistenten, die Remuneration der Specialisten, und die Ausgabe für Publikationen zu bestreiten; nicht minder sollen dadurch auch die Kosten gedeckt werden, welche aus der Errichtung von Stationen für die Kolonialzoologen und dem Betriebe ihrer Untersuchungen erwachsen werden. Doch können diese und alle andern nothwendigen Ausgaben nicht eine Höhe erreichen, die uns von dem Versuch der Gründung einer Deutschen Zoologischen Kolonialgesellschaft zurückschrecken könnte. Für das Deutsche Reich als Ganzes genommen kann eine gründliche zoologische Erforschung der deutschen Kolonieen nicht billiger bewerkstelligt werden, als auf die vorgeschlagene Weise und auch die Kolonialgesellschaften werden es vortheilhaft finden, die zoologische Erforschung ihrer Kolonieen der Deutschen Zoologischen Kolonialgesellschaft zu übertragen.

Wesentlich erleichtert wird die zoologische Erforschung der deutschen Kolonieen dadurch werden, dass wir in ihnen ein noch brachliegendes Arbeitsfeld vor uns haben. Es existiren über dieselben nur wenige grössere faunistische Publikationen; wir haben es nicht nöthig, alten Schutt aus dem Wege zu räumen. Ein Verein deutscher Zoologen kann hier Grosses leisten, kann hier Werke schaffen, wie sie noch kein anderes Volk besitzt. Deutschland hat spät mit der Kolonisation fremder Erdstriche begonnen;

dafür kann es sich jetzt die Erfahrungen anderer Völker zu Nutzen machen, namentlich aber auch lernen, die Fehler und Nachlässigkeiten jener zu vermeiden.

Doch nicht für deutsche Leser allein habe ich geschrieben. Vielmehr wünsche ich, dass sämmtlichen Ländern eine so gründliche zoologische Erforschung zu Theil wird, wie ich sie für die deutschen Kolonieen durch meinen Vorschlag zur Gründung einer Deutschen Zoologischen Kolonialgesellschaft bezwecke. Was ich gesagt habe, ist freilich kaum neu; wissenschaftliche Gesellschaften mit ähnlichen Zwecken existiren ja schon in jedem Kulturlande. Gleichwohl glaube ich mit der vorliegenden kleinen Schrift nichts Ueberflüssiges gethan zu haben.

In der That hoffe ich, meine Vorschläge dereinst wenigstens theilweise und zwar zunächst durch Deutsche ausgeführt zu sehen. Die Umgestaltung des Museenwesens hat ihre Schwierigkeiten; aber der gründlichen zoologischen Erforschung der neu angelegten deutschen Kolonieen kann nichts im Wege stehen als eine etwaige Indolenz und Uneinigkeit der deutschen Zoologen selbst. Hoffen wir, dass diese Eigenschaften nicht existiren und ein nationales und wissenschaftliches Unternehmen vereiteln!

Litteraturbericht.

Annalen des K. K. Naturhistorischen Hofmuseums, red. von Fr. v. Hauer. Bd. I No. 1 und 2. Wien, 1886, gr. 8.

Das erste Heft dieser neuen periodischen Publication enthält einen Jahresbericht für 1885 aus der Feder des Intendanten Franz v. Hauer mit Angaben über die Einrichtung des Hofmuseums, den Zuwachs, welchen dasselbe im Laufe des Jahres erhalten hat, und die wissenschaftlichen Arbeiten, welche dort ausgeführt wurden. Eine Tafel veranschaulicht das Aeussere des Prachtbaues.

Die Reihe der Abhandlungen eröffnet die Arbeit von Ernst Kittl „Ueber die miocenen Pteropoden von Oesterreich-Ungarn", erläutert durch eine sauber ausgeführte lithographische Tafel; eine Anzahl neuer Formen wird beschrieben. F. F. Kohl schreibt „Ueber neue und seltene Antilopen"; der Abhandlung sind vier gleichfalls sehr schöne Tafeln beigegeben. Ein besonderes Interesse vermag der Essay von Prof. Fr. Brauer „Ansichten über die palaeozoischen Insecten und deren Deutung" (mit 2 Tafeln) in Anspruch zu nehmen; er wendet sich namentlich gegen manche von Scudder in Zittel's Handbuch der Paläontologie entwickelte Anschauungen und dringt darauf, dass zur Erkenntniss fossiler Formen Rücksichtnahme auf Anatomie und Biologie nothwendig ist.

Victor Goldschmidt zeigt an Beispielen, wie man bei der „Bestimmung des specifischen Gewichtes von Mineralien" Kritik zu üben hat, und in welcher Weise bei den beiden verschiedenen Methoden der Bestimmung durch Pyknometer und durch Suspension die Temperatur zu berücksichtigen ist. In der Arbeit von A. Brezina „Ueber die Krystallform des Tellurit" werden auch noch in einem Anhange die krystallographischen Elemente des Valentinites discutirt.

Kürzere Notizen mannichfachen Inhaltes bilden den Schluss der Nr. 2 des ersten Bandes.

Kalkowsky.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena.

SITZUNGSBERICHTE

DER

JENAISCHEN GESELLSCHAFT

FÜR

MEDICIN UND NATURWISSENSCHAFT

FÜR DAS JAHR

1885.

SUPPLEMENT ZUR ZEITSCHRIFT FÜR NATURWISSENSCHAFT.
BAND XIX.

JENA,
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1885.

Frommann'sche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena. — 227.

Inhalt.

Ueber die mit * bezeichneten Vorträge sind Berichte nicht eingegangen.



SITZUNGSBERICHTE

DER

JENAISCHEN GESELLSCHAFT

FÜR

MEDICIN UND NATURWISSENSCHAFT

FÜR DAS JAHR

1885.

SUPPLEMENT ZUR ZEITSCHRIFT FÜR NATURWISSENSCHAFT. BAND XIX.

ERSTES HEFT.

JENA,

VERLAG VON GUSTAV FISCHER.

1885.



Vorwort.

Die „Sitzungsberichte“ unserer Gesellschaft erscheinen von jetzt ab in drei jährlichen Heften, deren erstes über die Sitzungen in den Monaten Januar, Februar und ev. März — das zweite über April, Mai, Juni, Juli, — das dritte über October, November und December berichten soll. Aufser den Berichten über die Vorträge, welche von den Herren Vortragenden selbst redigirt werden, finden von jetzt an auch kleinere Arbeiten oder Mitteilungen von Mitgliedern der Gesellschaft, sowie von Nicht-Mitgliedern, sofern die Manuscripte von dem Redacteur in einer Sitzung der Gesellschaft vorgelegt worden sind, Aufnahme.

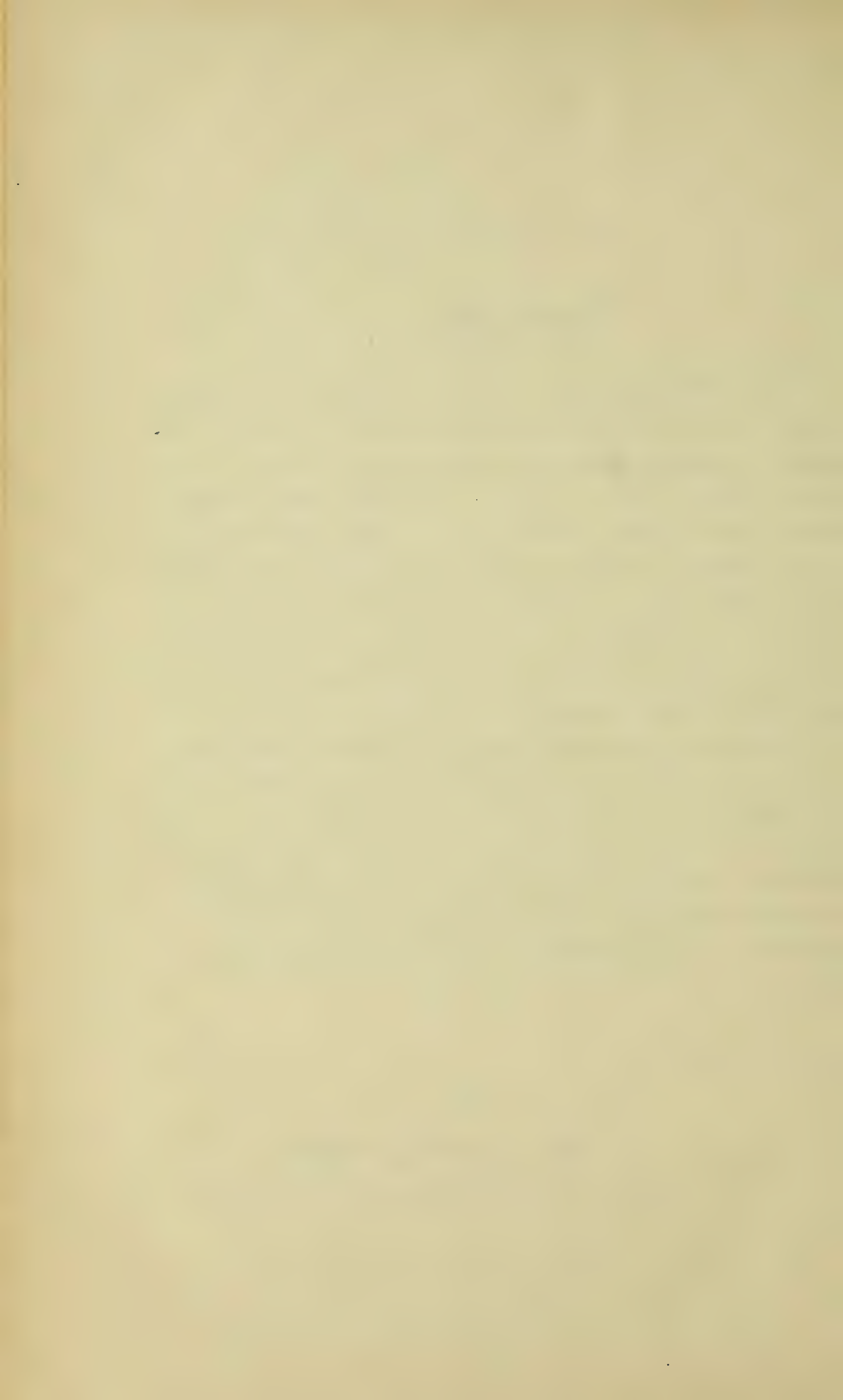
In Folge dieser Neuerungen und bei der grofsen Bereitwilligkeit, mit welcher die Herren Vortragenden die Redaction durch Original-Berichte (unter anderen auch durch Nachträge zu den Sitzungen von 1884) unterstützten und dies für die Zukunft zugesagt haben, nehmen unsere „Sitzungsberichte“ eine quantitativ und qualitativ wesentlich veränderte Gestalt an, die, wie die Gesellschaft hofft, ihren „Berichten“ und ihr selber neue Freunde gewinnen soll.

Jena, im Juli 1885.

I. A.

Professor Dr. **Karl Bardeleben,**

d. Z. Redacteur und Bibliothekar der Gesellschaft.



Sitzungsberichte 1885.

I. Heft.

1. Sitzung am 9. Januar 1885.

Herr Prof. Abbe sprach

Ueber Object und Bild.

2. Sitzung am 23. Januar 1885.

Herr Prof. Preyer sprach

Über Muskelruhe und Gedankenlesen.

„Ich gewann eine Einsicht in das Wesen des Gedankenlesens, nachdem ich vor einer Reihe von Jahren durch die eingehende Beobachtung des Verhaltens neugeborener und sehr junger Kinder und Thiere auf die verschiedenen Arten unwillkürlicher Muskelbewegungen aufmerksam geworden war und erkannt hatte, dass die Muskeln der Arme und Beine und des Kopfes, welche im späteren Leben willkürlich bewegt werden, ausserdem unwillkürlich in Thätigkeit gerathen, und zwar erstlich ohne jeden äusseren Anlass, ohne Willensanstrengung, überhaupt ohne irgend welche geistige Function, zweitens wenn eine sehr lebhafte Vorstellung mit höchster Anspannung der Aufmerksamkeit das Bewusstsein erfüllt.

Wer das Gedankenlesen verstehen will, muss diese beiden Arten unwillkürlicher Bewegungen, welche man bisher kaum physiologisch untersucht hat, kennen und von einander trennen.

Zur ersten Gruppe gehört das für den Neugeborenen charakteristische Zittern, gehören die ziel- und zwecklosen, zuckenden Bewegungen der Extremitäten und des Kopfes, welche nicht durch

äussere Eindrücke hervorgerufen werden und von allen anderen Bewegungsarten zu sondern sind. Sie wurden von mir im Jahre 1880 impulsiv genannt Diese anfangs auffallenden Bewegungen, welche auch das Hühnchen im Ei schon am 5. Tage der Bebrütung zeigt, und welche nur durch physische centrale Vorgänge (im Rückenmark und Halsmark) verursacht werden, nehmen nach der Geburt bald ab. Sie haben eine grosse Bedeutung für die Ausbildung anderer, namentlich der späteren willkürlichen (vorgestellten) Bewegungen, aber sie werden schliesslich so sehr von diesen verdrängt, dass man sie nur selten beim Erwachsenen zu sehen bekommt, ausser im Schlafe und bei den aus dem Winterschlafe erwachenden Thieren.

Da es indessen möglich erschien, dass diese durch nicht psychische, aber rein centrale Processe (u. a. Ernährung, Wachsthum, Blut- und Lymphstrom im Rückenmark) verursachten Muskelzusammenziehungen während und nach der definitiven Ausbildung des Muskel- und Nervensystems nur schwächer geworden wären, so dass man sie nicht bemerkte, so beschloss ich mit den empfindlichsten Instrumenten den Zustand der Muskelruhe beim Erwachsenen zu untersuchen mit Rücksicht auf die Frage, ob überhaupt unter normalen und anomalen Verhältnissen völlige Muskelruhe vorkommt.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung können nebst den neuen Methoden zur Erkennung, Demonstration und graphischen Fixirung der schwächsten Bewegungen hier nur angedeutet werden.

In Betreff des Verfahrens sei bemerkt, dass ich dasselbe an vielen Individiuen erprobt habe und seine ausserordentliche Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit leicht zu demonstriren ist. Ich verfiel darauf, das bei der Schallzuleitung im Ohre verwirklichte Prinzip der Übertragung von kleinen Schwingungen zu verwenden. Denkt man sich die Gehörknöchelchen durch ein gerades Stäbchen (die Columella) mit einem Plättchen an jedem Ende ersetzt und das Ligament des ovalen Fensters, dessen höchst vollkommene Elasticität sich freilich in einem künstlichen Apparate nicht herstellen lässt, durch einen um die eine Endplatte des Stäbchens (die Fussplatte des Steigbügels) gehenden Kautschukring repräsentirt, endlich das Labyrinthwasser durch Luft ersetzt, welche, wie bei dem Marey'schen Tambour durch ein Seitenrohr oder (nach dem Vorschlage meines Assistenten Hrn. Stroschein) eine Höhlung in der Columella selbst einen Schreibhebel in Bewegung setzt, oder mittelst eines T-förmigen Rohres in den Brenner einer empfind-

lichen Gasflamme mündet oder auf ein Telephon mit Mikrophon wirkt, so ist nach gehöriger Fixirung durch ein schweres Stativ, das Wesentliche der neuen Combination hergestellt. Dieselbe wird durch einen berussten rotirenden Cylinder, auf dem der Schreibstift die Oscillationen der erwähnten Luftpelotte und zugleich ein Secundenpendel die Zeit aufschreibt, vervollständigt. Diese neuen Vorrichtungen sind viel empfindlicher, als die bisher zur Beobachtung rhythmischer Bewegungen am Menschen verwendeten Apparate.

Namentlich die von Dr. K. Rieger in Würzburg angewandte Methode steht in jeder Hinsicht ihnen nach. Wenn der Schatten eines an die ausgestreckte Hand geklebten Stiftes auf eine rotirende Trommel fällt und die Linie, welche derselbe beschreibt, vom Experimentator mit einem Pinsel in Intervallen markirt wird, so ist es nicht möglich, kleinere Erhebungen und Senkungen zu erkennen und die gröberen richtig zu fixiren.

Man könnte auch, um z. B. die Unruhe des ausgestreckten Armes ohne alle Reibung zu beobachten und zu fixiren, nach dem Vorschlage von Dr. S. Stein in Frankfurt, einen sehr leichten, lichtdichten, durchbohrten Schirm an der Hand befestigen und einen Lichtstrahl durch die Öffnung auf eine mit einer lichtempfindlichen Schicht bedeckte, vorübergleitende Platte oder einen lichtempfindlichen rotirenden Cylinder fallen lassen. Dann würden die Bewegungen photographirt, während sie durch den Schreibhebel vergrössert aufgezeichnet werden. Durch das optische Verfahren müssen aber die sehr kleinen Änderungen dem Beobachter entgehen. Ich ziehe deshalb das graphische Verfahren vor, welches auch viel bequemer ist und wenig Zeit beansprucht.

Die wichtigsten damit von mir an Gesunden, an Hypnotisirten, Kataleptischen u. a. bis jetzt gewonnenen Ergebnisse sind diese:

1. Von allen geprüften Stellen des ganzen menschlichen Körpers kann man leicht, auch wenn sie unterstützt sind, Curven gewinnen, welche mit der Herzthätigkeit völlig übereinstimmende periodische Erhebungen und Senkungen zeigen. Vom Fusse, Knie, Schenkel, Scheitel, Arm, von jedem Fingergliede des sitzenden oder ruhig stehenden Menschen erhält man bei genauer Einstellung diese pulsatorischen Schwankungen, und zwar mit allen Eigenthümlichkeiten der Pulscurve, auch dann, wenn nur kleinste Schlagadern mit den Haargefässen an einer sehr kleinen, umschriebenen Stelle der Haut von der Luftpelotte berührt werden. Man kann so z. B. das Pulsiren des Fingernagels, und dadurch Veränderungen der Herzthätigkeit, mittelst der empfind-

lichen Gasflamme weithin sichtbar, mittelst des Mikrophons deutlich Vielen zugleich hörbar machen. Comprimirt man aber die grössere zuführende Schlagader, dann hören diese pulsatorischen Schwankungen, von denen keine Stelle der ganzen Haut normalerweise völlig frei zu sein scheint, auf. Sie fehlen blutarmen Menschen und verschwinden am Arm nach Anlegung des Esmarch'schen Verbandes.

2. Mit Leichtigkeit erkennt man an jedem nicht oder wenig unterstützten Punkte der Körperoberfläche ausserdem mit den Athembewegungen zusammenfallende grössere Erhebungen und Senkungen, z. B. am Kopfe (Kinn, Scheitel), an der Schulter, am Knie und Arm, an der Hand. Es ist zweckmässig, hierbei dem Versuchsindividuum die Augen zu verbinden, es wenigstens das schreibende Stiftchen nicht sehen zu lassen, weil sonst die Reinheit dieser respiratorischen Curven mit den aufgesetzten pulsatorischen Wellen durch andere kleine Bewegungen stark getrübt werden kann. Denn:

3. Jeder Punkt des frei in der Luft gehaltenen, wenig gestützten oder auf harter Unterlage aufliegenden Armes und der Hand zeigt unregelmässige von der Herzthätigkeit und Athmung unabhängige zitternde Bewegungen, welche sehr zahlreich, ungleich stark und besonders dann auffallend sind, wenn die Versuchsperson sich mit der höchsten Anspannung der Aufmerksamkeit bemüht, den Schreibstift auf der rotirenden Trommel eine gerade Linie ziehen zu lassen. Von den respiratorischen Schwankungen sind diese Oscillationen unabhängig, weil sie fortbestehen, wenn die Athmung willkürlich gehemmt wird; von den pulsatorischen sind sie unabhängig, weil sie fortdauern nach Compression der entsprechenden Schlagadern und des ganzen Armes. Sie fehlen aber in der Chloroform-Narkose.

Diese unwillkürlichen Bewegungen sind wahrscheinlich rein impulsiv und hauptsächlich durch das nie vollkommen genau herstellbare Gleichgewicht in der Spannung der Antagonisten bedingt, wie es namentlich beim Halten eines Glases Wasser zwischen Daumen und Zeigefinger deutlich hervortritt. Der Wasserspiegel steht dann nie still. Ferner kommt hierbei die Überwindung der Schwere in Betracht, daher das Zittern des Unterkiefers, wenn die oberen und unteren Schneidezähne sich eben berühren. Ein eingeschobenes Stäbchen zeigt die Schwankungen an. Ausserdem wirken mit in den Geweben selbst gelegene Ursachen (Blutstrom), innere und zum Theil auch äussere Reize (Kälte und Hitze), dann die Ge-

sammtheit der narkotischen und alkoholischen Genussmittel, besonders Thee, Kaffee, Wein, Bier, Tabak, welche alle nach meinen Beobachtungen nachweislich die Unruhe der Muskeln steigern beim stärksten Willen sie ruhig zu halten. Auch im Hungerzustande und nach jeder körperlichen Anstrengung ist diese Muskelunruhe selbst unter den günstigsten Versuchsbedingungen merklich gesteigert, bei älteren Individuen nicht immer stärker, als bei jungen, bei Hypnotisirten im tiefen kataleptischen Stadium manchmal vermindert, in der weniger tiefen Hypnose aber auch öfters gesteigert, überhaupt individuell sehr verschieden.

Ausser diesen die Bewegungsnerven und zwar deren Ursprünge und auch Endigungen treffenden, Bewegung erzeugenden Momenten, welche Niemandem zu fehlen scheinen und welche wirken, wenn der Wille völlige Ruhe, also gerade das Gegentheil zu bewirken im Begriffe ist, gibt es nun noch einen sehr bemerkenswerthen Einfluss auf die ruhende Muskulatur, nämlich eine starke Vorstellung. Diese rein centrale, rein psychische Bewegungsursache wird aber als solche, so lange sie wirkt, von dem sich Bewegenden nicht erkannt. Die durch sie hervorgerufenen unwillkürlichen Muskelcontractionen bleiben demselben auch, selbst nachdem sie längst vorüber sind, in vielen Fällen ganz unbekannt, ebenso unbekannt, wie im gewöhnlichen Leben die unwillkürlichen Bewegungen der ersten Gruppe, die eben betrachteten pulsatorischen, respiratorischen und impulsiven Oscillationen. Während es jedoch mittelst der neuen Vorrichtungen leicht gelingt, diese letzteren sichtbar und hörbar zu machen, was gewöhnlich beim ersten Male ein nicht geringes Erstaunen veranlasst, ist es nur unter ganz besonderen Umständen möglich, auch die bei lebhafter Gehirnthätigkeit auftretenden unbewussten Muskelzusammenziehungen zu fixiren. Man kann sie aber f ü h l e n.

Und das ist es, worauf das Gedankenlesen beruht, während die vorerwähnten ungewollten, unvermeidlichen Bewegungen es vielmehr erschweren können, wenn sie zu stark werden.

Es sind hauptsächlich zwei Arten des Gedankenlesens, welche bei öffentlichen Schaustellungen und in Privatgesellschaften von sich reden machen. Entweder wird der Gedankenleser, das „Medium“ mit verbundenen Augen, von einem Sehenden veranlasst, sich einem ihm selbst unbekannten Ziele zu nähern und ganz nach dem Willen des Sehenden etwas vorher Bestimmtes auszuführen, also gewissermassen passiv die Gedanken seines Führers und der ganzen Gesellschaft scheinbar zu errathen, oder es wird umgekehrt

der Sehende, welcher einen Gegenstand vorher sich gemerkt oder versteckt hatte, von dem Gedankenleser mit verbundenen Augen zu demselben hingeführt.

Ich habe nach beiden Richtungen Versuche angestellt und an mir anstellen lassen und bin durch die Prüfung der Versuchsbedingungen, sowie sehr scharfe Beobachtung der guten und schlechten „Medien“ zu der Überzeugung gelangt, dass es lediglich solche unwillkürliche Muskelbewegungen sind, durch welche die erzielten, auf den ersten Blick paradoxen und an die Leistungen fabelhafter Hellseher erinnernden Divinationen zu Stande kommen.

In beiden Fällen handelt es sich im Grunde um dasselbe: nämlich Ausführung unwillkürlicher Muskelbewegungen unter dem Einflusse einer sehr starken Vorstellung und höchster Anspannung der Aufmerksamkeit seitens des Sehenden, und Wahrnehmung, sowie Verwerthung jener Begleiterscheinungen der Willensthätigkeit seitens des Gedankenlesers, welcher unberührt gar nicht weiss, was er thun und wohin er gehen soll, vielmehr einzig und allein durch die Berührung des Sehenden von dessen unbewussten Bewegungen etwas erfährt. Nach diesen richtet er sich, entweder ohne in den meisten Fällen sich selbst darüber genaue Rechenschaft geben zu können, oder bewusst.

Ein beachtenswerther Unterschied besteht nämlich in dieser Hinsicht zwischen den beiden Arten des Gedankenlesens, sofern, im Falle das Medium stumme Befehle ausführt, es an nichts denkt und nachher — nach glücklicher Vollendung seiner schweigend gelösten Aufgabe — erklärt, es habe einem unwiderstehlichen Zuge nachgeben müssen, es habe nicht anders gekonnt und wisse selbst nicht warum. Im Falle aber das „Medium“ die Führung übernommen und den Wissenden, Sehenden an die Stelle geführt hat, wo dieser etwas verborgen hatte, weiss es wohl, wie dieses gelang. Denn es muss vom ersten Moment der Berührung an mit der grössten Anspannung der Aufmerksamkeit auf die geringfügigen, unwillkürlichen Muskelbewegungen des von ihm berührten Individuums achten, um nur die Richtung zu finden, in welcher es sich vorwärts zu bewegen hat. Fehlt es an genügend ausgeprägten unwillkürlichen Bewegungen oder an Aufmerksamkeit seitens des Gedankenlesers, oder des von ihm zu Errathenden, dann misslingt das Experiment.

Deutlicher wird diese Darlegung der für das Gelingen aller derartiger Versuche unerlässlichen Bedingungen durch die Be-

trachtung einzelner Fälle und das Herausheben des allen geglückten Experimenten Gemeinsamen.

Zunächst die passiven Versuche. Hierzu eignen sich am besten jüngere, mehr an Gehorchen als an Befehlen gewöhnte, mehr receptive als productive, nicht durch Selbstbeherrschung geschulte Persönlichkeiten, also Kinder, Jungfrauen und Jünglinge, aber auch ältere Individuen, besonders weibliche, wenn sie nur nicht zu viel reflectiren, vielmehr sich die Unbefangenheit der Jugend fremden Menschen gegenüber bewahrt haben. Wenn dagegen Männer im reiferen Alter, Familienväter, welche schon durch die Erziehung ihrer Kinder oft zum Befehlen und Verbieten Anlass haben, oder durch längere Reisen an den Verkehr mit verschiedenen Menschen gewöhnte, daher nicht mehr naive, vielmehr reflectirende, sich selbst controlirende Persönlichkeiten zu einem solchen Versuche sich entschliessen, dann misslingt er leicht, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil sie zuviel überlegen. Die Vorschrift, von vornherein an nichts zu denken, ist für sie schon beinahe unerfüllbar, während Kinder oft an gar nichts denken. Wer das nicht kann, wer nicht im Stande ist, wenigstens eine Minute lang an nichts zu denken, dann ohne die geringste Unterbrechung vollkommen willenlos und geduldig, ohne Leidenschaft und namentlich ohne Widerstand zu leisten, dem auf ihn wirkenden schwachen Zuge oder Druck, dem Hub und Schub, nachzugeben, kann zu den Experimenten nicht dienen, ebensowenig der Unempfindliche oder gar Stumpfsinnige, welcher jene Eindrücke nicht merkt.

Ausserdem ist zum Gelingen des Versuches unerlässlich eine ausserordentliche, ununterbrochene Concentration der Aufmerksamkeit der beiden Betheiligten. Das Medium hat fortwährend darauf gerichtet zu sein, dass es selbst nicht denkt und nicht ungeduldig wird, sondern nur thut, was unter den gegebenen Umständen das Natürlichste, das Nächstliegende ist, was also dem auf eine Hand, an beiden Händen, oder an einer Hand und an der Stirn oder am Halse mit den Händen des Sehenden ausgeübten Druck entspricht, auch wenn der Druck nur durch die leiseste Berührung (etwa des Kopfes) zu Stande kommt. Je nach der Beschaffenheit dieser Eindrücke hat sich der Gedankenleser zu bewegen, also sich zu setzen, zu verbeugen, niederzuknieen, oder sich zu erheben, umzudrehen, geradeaus, nach links, nach rechts, vorwärts und rückwärts zu gehen, mit erhobenem oder gesenktem Arm etwas zu betasten, zu ergreifen, zu heben, zu schieben. Niemals darf er eigenwillig einem durch die unwillkürlichen Muskelbewegungen

des Führers hervorgebrachten Impulse sich widersetzen, muss sich vielmehr stets zum willenlosen Werkzeug blindlings hergeben, während sein Mentor seine ganze Aufmerksamkeit, mit der höchsten Anspannung, deren er fähig ist, auf die auszulösende Bewegung zu richten und die geringste Unterbrechung dieser energischen Vorstellungsthätigkeit — durch eine, wenn auch nur augenblickliche Ablenkung seiner Aufmerksamkeit — zu verhindern hat. Es ist hingegen nicht erforderlich, sondern eher störend, als förderlich für das Gelingen des Versuches, wenn der so gänzlich in Anspruch genommene Führer absichtlich stärkere, richtende, zurückziehende oder gar drückende Bewegungen mit den Fingern ausführt. Gerade bei den besten Versuchen weiss der Führer oder die Führerin gar nicht, dass überhaupt Bewegungen, ungleich starke Berührungen verschiedener Hautstellen, etwa ein geringfügiger Zug oder Druck, stattgefunden haben. Ist die Vorstellung und der Wille, das Vorgestellte zu erreichen, nur stark genug und ganz rein, das heisst frei von anderen Vorstellungen, Zweifeln, Willensimpulsen, dann treten schon unbewusst, ohne irgend welche absichtlich ausgeführte Bewegungen, besonders wenn das Warten bereits einige Minuten gedauert hat, genug unwillkürliche, unter der Herrschaft der einen starken, alle anderen geistigen Vorgänge übertäubenden Vorstellung sich häufende schwache Bewegungen, namentlich der Armmuskeln, ein, um den empfänglichen, nicht sehenden, nicht hörenden, nicht riechenden, nicht schmeckenden, nicht denkenden Willenlosen zu leiten und zur Ausführung einfacher, unter den vorhandenen Umständen natürlich erscheinender Handlungen zu veranlassen. Dieser verhält sich dann in der Hinsicht wie ein Schlafwandler oder wie ein Hypnotisirter in dem Stadium, in welchem das Urtheil aufgehoben ist und die geringfügigste Suggestion, die unscheinbarste Berührung genügt, eine Hebung oder Senkung des Armes, Gehen oder Umdrehen u. dgl. zu veranlassen. Er ist aber in Wirklichkeit keinen Augenblick hypnotisch oder bewusstlos, muss vielmehr ganz wach sein, aber einsinnig, nur „Gefühlsmensch“.

Jedoch, selbst wenn alle diese Bedingungen vollständig erfüllt sind, hängt der Erfolg noch davon ab, ob die beiden zunächst Betheiligten sich sympathisch sind, „sich verstehen“ oder nicht. Auch das Temperament kommt in Betracht. Ein phlegmatisches ist ungünstig. Eine feuchte, kalte Hand mit harter Haut und von geringer Beweglichkeit wird unter allen Umständen das Verständniss erschweren, eine trockene, warme, weiche, geschmeidige,

bewegliche Hand kann sozusagen Wunder verrichten, besonders wenn schon einige Übung vorhanden ist.

Ohne jede Übung sind die Leistungen meistens unbedeutend. Doch habe ich eine Anzahl von geglückten Experimenten auch an ganz Ungeübten, die sich vorher nie im Leben gesehen hatten, verschiedenen Nationalitäten angehören und durchaus ungläubig waren, zu verzeichnen gehabt. Ein Fächer wurde von einem 21jährigen Anglo-Indier, dessen Augen verbunden waren, und der von nichts wusste, aus einem Nebenzimmer richtig geholt und von ihm damit eine in einem dritten Zimmer befindliche Persönlichkeit gefächelt. Von drei nebeneinanderliegenden Büchern wurde, nach einem Fehlgriff auf das linke, richtig das mittlere ergriffen und mit einer Verbeugung einem nicht weit davon sitzenden Herrn richtig überreicht. Ein siebenjähriger Knabe nahm von einem Wandtisch eine Glocke und setzte sie richtig im Nebenzimmer auf einen Tisch, ohne sie jedoch, wie beabsichtigt war, ertönen zu lassen. Dagegen gelingt es nicht leicht, ein sonst willfähriges Medium eine Lampenflamme durch Schrauben verdunkeln oder ausblasen oder etwas Bestimmtes sprechen oder es mit erhobener Hand dreimal im benachbarten Gemach gegen den Ofen schlagen zu lassen. Die Hand wird zwar erhoben, kommt aber über das Tasten nicht leicht hinaus. Offenbar ist eine solche unnütze, ungewöhnliche Bewegung unter den gegebenen Umständen nicht naheliegend oder natürlich, wohingegen das Fächeln, wenn dem mit dem Fächer in der Hand Vorwärtsschreitenden plötzlich durch einen sanften Zug Halt geboten wird, nach einer kleinen Pause des Zuwartens ebenso natürlich erscheint wie die Verbeugung mit dem Buch in der Hand. Denn das „Medium“ wurde in diesem Falle mit zwei Händen am Halse gehalten, so dass ein leiser Druck im Nacken schon ein Neigen des Kopfes bewirkte. Der Sitzende nahm dann das Buch, so jedoch, dass fast Alle den Eindruck erhielten, dasselbe sei überreicht worden. Dass es vorher aus drei gleichartigen dicht nebeneinanderliegenden ausgesucht worden, erklärt sich einfach. Nachdem der willenlose Gedankenleser dicht an die Bücher gelangt war, entstand eine Pause. Dann begann er auf's Gerathewohl zu tasten. Seine Hände geriethen an das Buch links und ergriffen es. Nun erfolgte aber, weil diese Bewegung zu der sehr starken Vorstellung des den Hals des Mediums mit beiden Händen umspannenden Individuums nicht passte, ein (wie ich es der Kürze halber nenne) „Missbilligungsdruck“. Das Buch wird wieder hingelegt und weiter getastet. Das zweite, also das mittlere, das

richtige, wird nunmehr erfasst. Es erfolgt ein eben merklicher Nachlass der Spannung, eine „Zustimmungsbewegung", eine richtende Berührung: das Buch wird dahin gebracht, wohin es gebracht werden sollte.

Von all den dirigirenden Berührungen, den stummen missbilligenden und gutheissenden leisen Änderungen der Berührung an der Haut des Halses und Nackens oder Armes kann die ganze anwesende Gesellschaft selbstverständlich nichts wahrnehmen, wissen doch die beiden dabei zunächst Betheiligten in der Mehrzahl der Fälle davon kaum etwas, und so geschieht das scheinbare Wunder, dass ein Mensch, der vorher nicht die geringste Ahnung von dem hat, was er thun soll, genau den Willen eines anderen, der ihn schweigend berührt, ausführt, als wenn er dieser selbst wäre. Dabei ist aber ein Hellsehen oder eine unmittelbare Ideenübertragung ebenso ausgeschlossen wie ein Lesen von Gedanken im eigentlichen Sinne dieser Wörter, denn der sogenannte Gedankenleser sieht gar nicht, was er in der Hand hat, weiss nicht, was er thun soll, bis es geschehen ist und hat nicht einmal nachher die Gedanken seines Führers. Den besten Beweis für diese Thatsache liefern die Experimente mit völlig unbefangenen, ungeübten, ehrlichen Individuen von grosser Empfindlichkeit.

Ein Beispiel. Ich bestimmte, dass Fräulein L. ihre jüngere Schwester, Fräulein A., welche sich draussen befand, nach ihrem Eintritt in das Zimmer, ohne eine einzige absichtliche ziehende, drückende, hebende, schiebende oder sonstige Bewegung auszuführen, an beiden Armen erfassen und veranlassen sollte, von fünf Büchern, welche ich auf einem Seitentische übereinandergelegt hatte, das vierte von oben zu nehmen, es auf einem anderen Tische aufzuschlagen und durchzublättern, bis Seite 113 aufläge, endlich von den Figuren des Holzschnittes daselbst die links zu berühren. Diese complizirte Aufgabe wurde unmittelbar, nachdem ich sie gestellt, von dem mit fest verbundenen Augen eintretenden Fräulein A. ohne die Möglichkeit einer vorherigen Verständigung, binnen elf Minuten richtig gelöst. Die junge Dame nahm, an dem richtigen Tisch angekommen, der Reihe nach die drei obersten Bücher fort und liess sie fallen, das vierte aber behielt sie in der Hand, legte es auf den anderen Tisch, schlug es auf und blätterte hin und her, bald langsam, bald schnell, bis Seite 113 auflag. Nun berührte sie aber nicht die Figur links, sondern die rechts, und als ich dieses erwähnte, bemerkte Fräulein L., sie habe nur an die Figur rechts gedacht. Sie richtete also ihre ganze Auf-

merksamkeit auf diese und dirigirte unbewusst die rechte Hand ihrer Schwester auf die rechte Figur. Fräulein A., welche so geschickt ohne Hülfe der Augen operirt und scheinbar ganz wie eine Hellseherin meine Gedanken bis auf die Figur „gelesen“ hatte, versicherte mich, nachdem es geschehen, sie wisse durchaus nicht, welche Seite sie aufgeschlagen, habe gar keine Ahnung davon, dass sie ein Bild vor sich gehabt und ebensowenig davon, dass sie auf irgend etwas hingewiesen habe. Sie war nach Entfernung der Augenbinde ausser Stande, die Seite mit dem Holzschnitt, welchen sie vorher so lange betastet hatte, wiederzufinden.

Aus derartigen Versuchen folgt, dass keine Kenntniss der Vorstellungen des Anderen vorhanden ist. Unwillkürlich gehorcht der sogenannte Gedankenleser den leisen seine Hände und damit den ganzen Körper dirigirenden Bewegungen des zu Errathenden. Es wäre wenig interessant für alle Anwesenden und die beiden Betheiligten das nicht zu thun, also ruhig stehen zu bleiben. Dieser Umstand pflegt ohne Zweifel den Beginn der Bewegung mit zu veranlassen. Was aber besonders in physiologisch-psychologischer Beziehung dabei auffällt, ist die von mir sicher festgestellte, bereits erwähnte Thatsache, dass der Führer, wie der, dessen Gedanken gelesen werden sollen, nun mit Recht zu bezeichnen ist, bei den besten Experimenten ebenfalls unbewusst seine dirigirenden leisen Bewegungen ausführt. Bei einem so schwierigen Versuch wie dem letzterwähnten, muss er seine Aufmerksamkeit zuerst auf den ersten Akt, das Hinbringen, dann auf den zweiten, das Fortnehmen der Bücher, dann auf den dritten, das Hinlegen des vierten Buches u. s. w. konzentriren. Und zwar soll er das alles vorschriftsmässig ohne absichtliche Bewegungen bewirken. Nun sah ich aber ganz deutlich, wie der rechte Fuss des Fräulein L. sich drehte und nach dem zweiten Tische hinbewegte, sowie das vierte Buch ergriffen war. Durch diese plötzliche Bewegung erhielt auch das ununterbrochen an beiden Armen gehaltene Fräulein A. eine Drehung nach der Richtung hin, in welcher sie sich fortzubewegen hatte und auch wirklich dem Zuge folgend, fortbewegte. Als ich nun nachher von der auffallenden Fussbewegung und Drehung sprach, wusste die Führerin auch nicht das Geringste davon. Ich sehe aber in dieser Beobachtung, der ich ähnliche anreihen kann, den Beweis für die Richtigkeit der gegebenen Erklärung. Ohne fühlbare Direktive, ohne Muskelbewegungen kein Gedankenlesen.

Wie weit die Feinheit des Muskelsinnes und die Empfindlich-

keit der Hautnerven reicht, das zeigt deutlich das Errathen gedachter Melodien, dessen natürliche Erklärung mir einige Schwierigkeiten bot, bis ich durch die Güte einiger mit gutem musikalischen Gehör begabter junger Damen selbst solche Experimente anzustellen und zu kontroliren Gelegenheit hatte.

Ich bestimmte, es sollte Millöcker's Walzer: „Ach ich hab' sie ja nur auf die Schulter" usw. von einer noch nicht 16jährigen ungeübten Gedankenleserin kenntlich auf dem Clavier angegeben werden, obwohl sie nicht wusste, dass sie überhaupt etwas spielen sollte. Sowie sie mit verbundenen Augen in das Zimmer kam, wurde sie dreimal rasch umgedreht, dann an beiden Armen nahe der Handwurzel von der Führerin schweigend gehalten. Sie ging auf den Clavierstuhl zu, zog ihn hervor, setzte sich darauf, tastete mit den Händen am Clavier, öffnete dasselbe, tastete wieder über den Tasten, drückte endlich die Taste f, dann d i s und d mit der rechten Hand nieder, so dass sie tönten, und berührte verschiedene andere ebenso unrichtige Tasten, so dass diese ebenfalls zum Theil tönten, auch ganz falsch erklangen. Indessen konnte nach langem Hin- und Hertasten und entschieden falschem Spiel doch die richtige Melodie erkannt werden, nachdem einmal der Reihe nach d, b, g beim Berühren mehrerer getroffen worden waren. In diesem Versuche, welcher über 15 Minuten dauerte, kam es auf das Anschlagen nur der ersten richtigen Tasten an; auch f, d i s und b würden wohl genügt haben, die Erinnerung an die bekannte Melodie wachzurufen.

Derartige schwierige Experimente am Clavier, „das Errathen gedachter Melodien", gehören also in die Kategorie der Versuche, aus vielen kleinen ähnlichen nebeneinanderliegenden Gegenständen der Reihe nach gewisse auszusuchen oder zu berühren. Statt der Karten, Bücher oder Münzen sind es hier die Tasten des Claviers, welche je nach dem zustimmenden oder zurückhaltenden Zuge des Führers an den beiden Händen berührt werden. Kennt der Führer die Melodie selbst nicht, dann kann der Versuch ebensowenig gelingen, wie wenn der Geführte sie noch nie gehört hat. Aber auch wenn beide sie kennen, gelingt er selbstverständlich nicht so oft als er fehlschlägt.

In diesen, wie in allen von mir überwachten Versuchen an unbedingt zuverlässigen Individuen beiderlei Geschlechts äusserten die passiv Betheiligten nachher, sie folgten einem unwiderstehlichen Zuge, ohne anfangs zu wissen, was sie thäten.

Übrigens kommt bei allen derartigen Unterhaltungen in Be-

tracht, dass im entscheidenden Augenblick, durch das nach einigem Zuwarten natürlicherweise eintretende Tasten, dunkle Vorstellungen entstehen, welche enweder sogleich den vorher bestimmten entsprechen oder nicht entsprechen. Es sind gleichsam Treffer oder Nieten. Im letzteren Falle bringt es aber der Führer durch fortgesetzte, sich häufende missbilligende sehr sanfte richtende Armbewegungen doch oft noch dahin, dass ein Treffer herauskommt. Dann ist das Resultat manchmal geradezu verblüffend für Alle, welche nicht wissen, wie es zu Stande kam.

Jedenfalls ist, wie schon die angeführten Beispiele zeigen, das nach diesem Verfahren schon von ganz Ungeübten Erreichbare, wenn nur der Wille, alles zum Gelingen der Versuche Erforderliche in jeder Beziehung streng innezuhalten, da ist, sehr auffallend und wohl werth, physiologisch-psychologisch eingehend untersucht zu werden.

Kaum weniger überraschend in ihrem Endeffect und nicht viel anders zu erklären sind die Versuche der zweiten Art des Gedankenlesens, wobei die beiden zunächst Betheiligten gewissermassen die Rollen tauschen. Es denkt sich jemand irgend einen bestimmten Gegenstand, von dem kein Zweifel besteht, dass er an einem wohlbekannten ganz bestimmten Platze in oder ausser dem Hause sich befindet. Der Gedankenleser, dessen Augen fest verbunden oder verschlossen sind, führt dann den Betreffenden an das gedachte Object.

Es ist bekannt, welch erstaunliche Leistungen auf diese Weise besonders durch Stuart Cumberland zu Stande kamen. Bezeugt doch der Marquis of Lorne, als er Gouverneur von Canada war, im Jahre 1883, dass die Auffindung eines zahmen Elennthieres, an das er dachte, durch Cumberland, das ausserordentlichste sei, was er jemals erlebte. Auch die mit bekannten Persönlichkeiten in Wien, Berlin und London von ihm angestellten Versuche sind zum Theil höchst frappant, übrigens durch Zeitungsberichte und Broschüren sattsam bekannt.

Aber so wunderbar sie zu sein scheinen, wenn man nur die Beschreibungen liest und zum ersten Male sie als Zuschauer kennen lernt, das Wunder verschwindet auf Nimmerwiedersehen fofort nachdem man nur einmal selbst ein gut geglücktes Experiment ausgeführt hat.

Es ist durchaus nicht so schwer, wie es anfangs scheint, in dieser Weise Gedanken Anderer zu erkennen. In England gab es schon mehrere Jahre vor dem öffentlichen Auftreten Cumberland's

sehr geschickte Gedankenleser, und in Deutschland fehlt es nicht an solchen, die ihm mit Erfolg nacheifern. Ich selbst bin im Stande, wenn nur geeignete naive Persönlichkeiten sich zu einem ehrlichen Versuche entschliessen, sie an den gedachten Gegenstand im Zimmer mit geschlossenen Augen hinzuführen, obwohl es mir an Übung fehlt.

Vor allem kommt es hierbei an auf eine Berührung. Eine Hand wird gewöhnlich gewählt und auf die Stirn des Gedankenlesers gelegt oder von diesem erfasst. Es wird wohl auch mittelst eines dünnen Drahtes, der um die Handwurzel geschlungen ist, die Fühlung hergestellt. Auch beide Hände können umfasst werden.

Ferner ist nothwendig eine sehr grosse Concentration der Aufmerksamkeit. Dann merkt man, dass es einzig die Bewegungen des zu Errathenden sind, welche die Richtschnur beim Suchen abgeben. Fehlt es an unwillkürlichen Muskelcontractionen, dann misslingt das Experiment gänzlich. Gelingt es, dann gelingt es aus dem Grunde, weil der auf die berührte Hand und Stirn vom Anfang an höchst gespannt achtende Gedankenleser sich in der richtigen Richtung fortbewegte in Folge von zustimmenden Arm- und Handbewegungen.

Diese werden, auch wenn sie ganz schwach sind, von empfindlichen Individuen leicht mittelst der Stirnhaut und der Haut der Hände wahrgenommen. Solche in vielen Fällen durchaus nicht schwache, sondern deutlich zuckende und ziehende Bewegungen der Hand und des ganzen Unterarms treten bei Unbefangenen sehr leicht ein, wenn sie an die Stelle kommen, wo der ihre Vorstellungsthätigkeit durchaus erfüllende Gegenstand — ein Hut, ein Stuhl, eine Stecknadel u. dgl. — sich befindet.

Sowie eine verkehrte Richtung eingeschlagen wird, dann tritt ein leiser Widerstand des Berührten ein und bald darauf ein oft nur eben merkliches neues Drehen nach links oder rechts oder ein Ziehen nach hinten oder ein Schieben nach vorn, und diesen dem Betreffenden selbst gerade bei den besten Versuchen völlig unbekannten unwillkürlichen Bewegungen entnimmt der empfindliche Gedankenleser die Weisung, wohin er zu gehen hat, wohin nicht, wo er stehen zu bleiben hat, wo er weiter eilen muss. Streng genommen wird er also mehr geführt oder wenigstens dirigirt, als dass er selbst führt, obgleich er vorgeht.

Wenn die zu dem gesuchten Gegenstande hinführende Richtung von vornherein eingeschlagen wurde bei dem gemeinsamen Gange, dann bleibt oft die merkliche unwillkürliche Muskelbewe-

gung des Armes, wenigstens jede stärkere Zuckung desselben, aus bis das Ziel erreicht ist. Ob dabei Änderungen der Pulsfrequenz, welche nicht einmal immer eintreten, überhaupt von Belang sind, selbst wenn sie erkannt würden, muss ich bezweifeln. Viele Versuche schliessen die Möglichkeit der Pulsbeobachtung ganz aus, und gelingen dennoch. Wahrscheinlich kommen daher hierbei die pulsatorischen Schwankungen als Wegweiser gar nicht in Betracht.

Kennt der Gedankenleser das aufzufindende Object nicht, dann concentrirt er seine ganze Aufmerksamkeit mit aller Willenskraft, die ihm zur Verfügung steht, einzig und allein auf die einzuschlagende Richtung, und, wenn sie gefunden ist, auf die Erreichung des Platzes, wo der Gegenstand sich befindet. Diesen letzteren selbst kann er dann nur durch Tasten errathen, indem bei der Berührung des richtigen Objectes wieder die eigenthümlich sanfte zustimmende Bewegung des Begleiters eintritt, welche man selbst erlebt haben muss, um diese ganze Erklärung zu verstehen und voll anzuerkennen.

Kennt der Gedankenleser den Gegenstand vorher, hat man ihm das Armband, das Bild, den Bleistift, die Uhr, die Nadel, die Münze vorher gezeigt, dann muss er dennoch nicht sogleich an ihn denken, sondern nur an die einzuschlagende Richtung, und erst wenn das Ziel erreicht worden, hat er wiederum durch Tasten das Object ausfindig zu machen, diesmal ohne auf missbilligende und gutheissende Bewegungen des Begleiters angewiesen zu sein, da das Object selbst ihm bekannt ist.

Es handelt sich also in erster Linie um die Auffindung eines Ortes, um eine räumliche Orientirung bei diesen Versuchen. Sowie die dazu erforderlichen, fast immer unwillkürlichen Bewegungen fehlen, sowie sie durch zu starke impulsive Bewegungen, etwa Zittern, gestört oder durch mangelnde Aufmerksamkeit des Begleiters unterbrochen werden, misslingt das Experiment ebenso sicher, wie wenn man verlangt, der Gedankenleser solle ohne Fühlung mit dem Sehenden dessen Gedanken aussprechen oder aufschreiben. Schreiben oder Zeichnen, was dieser will, kann er nur, wenn seine Hand förmlich geführt wird. Darauf beruht das Errathen der Zahlen und lebhaft vorgestellter Figuren, welches mir deshalb leicht gelingt, weil ich mich dabei ganz passiv verhalte.

Ungeduld stört sehr auch den Sehenden. Selbst bei der grössten Übung und Empfindlichkeit misslingen die Versuche leicht durch Mangel an Geduld seitens eines der Betheiligten.

Dabei ist zu beachten, dass ein Individuum, welches gewohn-

heitsmässig nur sehr schwache unwillkürliche Muskelbewegungen macht und sich eine gewisse Selbstbeherrschung angeeignet hat, zu den erforderlichen verrätherischen Aktionen nicht bewogen werden kann, wenn es nicht will, ebenso wenig wie jemand, welcher sie macht, gezwungen werden kann, sie sich plötzlich abzugewöhnen.

Daher scheiterten regelmässig alle Versuche, bei denen ich von einem Gedankenleser erfasst wurde, obwohl ich mit peinlicher Strenge die Vorschriften erfüllte, aber alle Bewegungen der berührten Hand unterliess. Die ersten Versuche derart nahm ein in Amerika „dressirter“ *mind-reader* anlässlich des internationalen medizinischen Kongresses zu London im August 1881 mit mir vor, ohne auch nur annähernden Erfolg, weil ich schon damals die Überzeugung hatte und aussprach, man brauche nur nicht die Hand zu bewegen, um unerrathbar zn bleiben. Ich erblicke in diesen Versuchen um so mehr eine Bestätigung meiner Erklärung, als ein anderer Gelehrter von demselben Gedankenleser bei derselben Gelegenheit jedesmal richtig an den vorgestellten Gegenstand geführt wurde, und ich selbst nur dann als Errathender Erfolg gehabt habe, wenn ich die erwähnten unwillkürlichen hemmenden und ziehenden Bewegungen fühlte. Dasselbe scheint allen Gedankenlesern auch bei öffentlichem Auftreten ausnahmslos zum Erfolge nothwendig zu sein. Denn dieser fehlt gänzlich, wenn der zu suchende versteckte Gegenstand den Ort verändert dadurch, dass ohne Wissen Desjenigen, der ihn versteckte, ein Dritter ihn anderswohin bringt. Sowie dieser Dritte selbst der nachträglich berührte ist, dann lässt er sich oft leicht in dem neuen Versteck auffinden. Dieses Gedankenlesen ist also nur ein Finden eines Ortes mittelst unwillkürlicher Bewegungen.

Wer aber absichtlich den Gedankenleser durch überlegte Wendungen und Armbewegungen leitet, der kann natürlich ihn immerzu in die Irre führen und allerlei nicht zur Sache gehörende Seitenwege mit ihm einschlagen, wofür ich ebenfalls Beispiele anführen könnte.

Überhaupt ist die Grenze zwischen den hier allein betrachteten und nur durch unwillkürliche Bewegungen ohne irgend eine Täuschung zu Stande kommenden Leistungen und den ebenfalls als Gedankenlesen (*thought-reading* und *mind-reading*) bezeichneten Taschenspielerkunststückchen im einzelnen Falle nicht leicht zu ziehen. Auf beabsichtigter Täuschung beruht das vielfach angestaunte Lesen von Namen oder Zahlen mittelst der Stirn-

haut, nachdem vorher das Papier, auf welches sie geschrieben wurden, zusammengefaltet worden ist. Hier liegt ein sehr einfacher Kunstgriff vor, denn der angeblich mit seiner Stirn Lesende erkennt vorher an den Bewegungen des Bleistiftes oder der Feder und der Hand des Schreibenden die Form der Ziffern und Buchstaben, wenn die Beleuchtung gut ist, selbst in einer Entfernung von mehreren Metern.

Ich habe, um diese einfache Erklärung, deren Richtigkeit mir gesprächsweise öfters bestritten wurde, zu beweisen, obgleich mir alle Übung in derlei Spielereien fehlt, durch die Thür hindurch, nachdem der Schreibtisch richtig gestellt und genügend beleuchtet worden, mittelst einer kleinen Öffnung gelesen, was 3 Meter weit geschrieben wurde, und zwar ohne das Papier zu sehen, nur auf die Bewegungen des Bleistiftes während des Schreibens achtend. Das Auflegen der Zettel an die Stirn ist auf absichtliche Täuschung berechnet. —

Selbstverständlich gilt die ganze vorgetragene Erklärung nur für das Gebiet von festgestellten Thatsachen, für welches ich sie erprobt habe, das gewöhnliche Gedankenlesen. Dieses verlangt keine weitere Voraussetzung. Und es gibt überhaupt nicht eine einzige Thatsache, welche eine Gedankenübertragung ohne wahrnehmbare oder irgend welche sprachliche Vermittlung auch nur als vorläufige Hypothese zulässig erscheinen liesse. Für andere Erscheinungen sind andere Erklärungen nothwendig, z. B. für das angebliche Auffinden gestohlener Gegenstände durch Gedankenlesen. Möglicherweise kommt in solchen Fällen ein Spüren mittelst des Geruchsinnes in Betracht.

Derartige problematische, wenn auch von ungenügend Informirten apodiktisch behauptete Dinge gehören nicht in den Rahmen des hier skizzirten Bildes. Das allein hier erörterte Gedankenlesen im engeren Sinne ist davon unabhängig, und meine Erklärung desselben bezieht sich auf keine anderen Manifestationen.

Dass diese Erklärung eine an sich bis jetzt nicht befriedigend aufgestellte Thatsache zur Voraussetzung hat, nämlich den Einfluss des Vorstellungslebens und im Besonderen den der Anspannung der Aufmerksamkeit auf die Muskulatur, kann ihr nicht zum Vorwurf gemacht werden. Denn diese Thatsache steht schon längst fest und kann im gewöhnlichen Leben leicht bewahrheitet werden, wenn man nur auf die verschiedenen Bewegungen achtet, die ein Mensch ausführt. Schon das Schreien vor Schmerz, das Lachen beim Scherzen, das Schluchzen in trauriger Gemüthsstim-

mung sind Beispiele für das Auftreten unwillkürlicher specifischer Muskelbewegungen bei gewissen geistigen Erregungszuständen ohne erkennbaren nothwendigen Causalnexus. Aber es gibt noch viele, welche einen direkten Zusammenhang beider ebenso vermissen lassen.

Wenn das Kind schreiben lernt, dann bewegt es oft die Zunge hin und her, schiebt es sie zwischen die Lippen vor, und wenn es beim Kopfrechnen Schwierigkeiten begegnet, dann dreht es wohl den Kopf und runzelt die Stirn. Passionirte Kegler pflegen nach jeder Kugel, die sie entsenden, irgend eine nicht weniger überflüssige Bewegung mit der Hand oder dem Fusse oder sogar mit dem ganzen Körper auszuführen, und das unnöthige, manchmal kaum merkliche Tactschlagen des Zuhörers im Concert mit Hand und Fuss gehört ebenfalls hierher. Die unwillkürlichen Bewegungen der Gedankenleser haben sogar noch eher einen kenntlichen Zusammenhang mit den lebhaften Vorstellungen, denen sie ihren Ursprung verdanken, als zahllose unnütze Muskelkontractionen der Kinder mit ihrem jeweiligen Gemüthszustande.

Schliesslich ist noch zu erwähnen die regelmässig nach Anstellung geglückter Experimente im Gedankenlesen eintretende Abspannung. Ein eigenthümliches Ermüdungsgefühl tritt auf, wahrscheinlich deshalb, weil das mehrere Minuten lang fortgesetzte Halten des Armes in derselben Lage und die enorme ununterbrochene Concentration der Aufmerksamkeit auf einen bestimmten Gegenstand mit einer ungewöhnlichen Steigerung der Gehirnthätigkeit verbunden ist. Ausserdem kann die ungewohnte, oft langdauernde Berührung eines Fremden zu Hautnervenerregungen führen, die, weil sie völlig neue sind, ebenfalls die Ganglienzellen stark in Anspruch nehmen mögen. Die Wirkungen der Berührung zweier Menschen aufeinander sind jedenfalls sehr complicirt und theils erregend, theils beruhigend. Soweit sie aber beim Gedankenlesen in Betracht kommen, für beide Theile nichts weniger als beruhigend. Daher ist die Anstellung solcher Experimente im Salon nur zur Kurzweil durchaus nicht unbedenklich. Ohnmachten kommen dabei nicht ganz selten vor. Viele haben mich versichert, es seien auf die Versuche schlaflose Nächte mit Kopfschmerzen gefolgt, und die Modekrankheit, die Nervosität, kann durch derartige Übungen nur begünstigt werden.

Es hat auch keinen wissenschaftlichen Nutzen, die Experimente in der bisher üblichen Weise vor einem grossen Publicum zu vervielfältigen; denn die fundamentale Thatsache von der Abhängig-

keit des Muskelsystems von psychischen Vorgängen ohne bewusste Betheiligung des Willens steht fest, und die Art und Weise, wie bei Concentration der Aufmerksamkeit auf eine einzige sehr klare Vorstellung ungewollt Muskelzusammenziehungen von bestimmtem Charakter eintreten, lässt sich nur im Laboratorium durch vereinte physiologische, morphologische und physikalische Untersuchungen ermitteln. Die eingangs erwähnte Methode kann auch nach dieser Richtung verwerthet werden.

Es liegt im Entwicklungsgang der Physiologie, dass man früher fast immer nur nach Thatsachen suchte, um die Abhängigkeit des Geistes vom Körper zu beweisen, aber Beweise für die Abhängigkeit des Körpers vom Geiste nicht suchte. Gerade diese aber sind besonders geeignet, die Erkenntniss zu fördern und mehr Licht zu bringen in das uralte Problem vom Zusammenhang des Leibes und der Seele."

Der Vortrag des Herrn Walter über *Schmetterlingsmundtheile* wird auf die nächste Sitzung verschoben.

Herr Bardeleben kündigt seinen bereits früher (s. Berichte für 1884) angemeldeten Vortrag über *die Entwickelung der Fusswurzel* wieder an.

---

3. Sitzung am 6. Februar 1885.

1) Zuerst sprach Herr Alfred Walter:

Zur Morphologie der Schmetterlingsmundtheile.

Schon im vorigen Jahrhundert hatte Christian Fabricius darauf hingewiesen, dass in den Mundwerkzeugen eine treffliche Handhabe zur Classification der Insekten gegeben sei. Er gelangte indess dahin, zwei von einander weit getrennte Typen, Insekten mit beissenden oder kauenden und solche mit saugenden Mundtheilen aufstellen zu müssen. Savigny gelang es sodann 1816, die Homologie dieser Organe an sämmtlichen Ordnungen der Insekten durchzuführen, auch bei den saugenden Insekten allenthalben die gleichen Stücke nachzuweisen, welche den Mundapparat der beissenden zusammensetzen. Die vermittelnden Uebergänge zwischen den mannigfachen Variationen des im Wesentlichen zwar gleichen Grundplanes fehlten indess überall, die Ordnungen standen mehr oder weniger scharf umschrieben neben einander und sind

2*

wir bis heute darin kaum weiter gekommen, wie denn überhaupt über den natürlichen Zusammenhang der Insektenabtheilungen so grosse Unklarheit herrscht, als kaum in einer anderen Thierklasse. Die grösseste Eigenart zeigt unzweifelhaft der typische Saugapparat der Schmetterlinge, sodass bislang noch nirgend ein Anklang an eine Form aus anderen Ordnungen bekannt geworden ist. Vor zwei Jahren begann ich aus diesem Grunde eine möglichst vollständige vergleichende Untersuchung der Schmetterlingsmundtheile, die sich allmählig über etwa dreihundert Species in einer Individuenzahl von mindestens siebenhundert Exemplaren ausgedehnt hat. Die kolossale Formenmenge hinderte bisher ein vollkommenes Erreichen des vorschwebenden Zieles, doch glaubte ich nun endlich auf den rechten Weg gelangt zu sein. Werfen wir zur Orientirung einen Blick auf das als gemeinsamen Ausgangspunkt aller Insektenmundtheile gültige Schema der beissenden oder kauenden Mundwerkzeuge, so finden wir dasselbe aus folgenden Theilen gebildet: Eine unpaare, in ihrer Form variirende und stets sich von der Mitte des Clypeus oder Stirntheiles des Kopfskeletes absetzende Oberlippe oder Labrum. Seitlich unter ihr die Mundöffnung übergreifend ein Paar Oberkiefer oder Mandibulä, durch starke Hornzähne an den Schneidenrändern sich als Kauladen documentirend. Ferner zwei Paar Maxillen. Das erste dieser setzt sich in jeder seiner Hälften aus folgenden Stücken zusammen. Ein Angelglied oder Cardo, ein Stielglied oder Stipes. Von diesem entspringt nach aussen ein mehrgliedriger Palpus maxillaris, bisweilen noch von einem gesonderten Plättchen der Squama palpigera. Nach innen zwei getrennte Maxillartaden, die innere Mala interna, die äussere Mala externa (in speciellen Fällen auch galea) genannt. Das zweite Maxillenpaar liefert durch unpaare Verwachsung in ihren basalen Theilen die Unterlippe oder das Labium. Die verwachsenen Cardines stellen hier das Submentum dar, die verwachsenen Stipites das Mentum. Von letzterem entspringen die Palpi labiales. Von diesen nach innen die frei bleibenden Aussenladen oder Malae externae. Zwischen letzteren endlich liegen die Innenladen, stets enge aneinander gelegt, oder meist sogar verschmolzen, so die eigentliche Insektenzunge oder Ligula der Autoren repräsentirend. Zu diesen bis auf die Oberlippe paarigen Organen kommen noch, wahrscheinlich allen Insekten eigen, jedenfalls an den meisten schon nachgewiesen, zwei unpaare Theile. Erstens der Epipharynx als Ausstülpung der oberen Rachen- oder Schlundwand und zweitens der Hypopharynx

als entsprechende Ausstülpung der unteren Rachenwand. Während der Epipharynx stets mehr oder weniger mit der Oberlippe verwächst, geht der Hypopharynx mit der Unterlippe eine Verbindung ein. Letzterer dient als Leitorgan für das Sekret der an seinem Grunde mündenden Speicheldrüsen. — Blicken wir daneben auf das von Savigny gegebene Schema für die Schmetterlingsmundtheile, so sollte dort in einer dreieckigen, meist spitzen membranös chitinösen Platte die Oberlippe zu erkennen sein, zwei seitlich davon angebrachte mit starken Borsten an ihrem Innenrand besetzte Platten die Rudimente der Mandibeln darstellen. Der Saug-Rollrüssel wird von den Laden des ersten Maxillenpaares (hier bloss in Einzahl vorhanden) gebildet, die mit ausgehöhlten Innenflächen sich aneinanderlegen und so den Saugkanal entstehen lassen. Der Rüssel entspringt vom Maxillenkörper oder der Rüsselbasis, die durch Verschmelzung von Cardo und Stipes entstanden sein sollte. Jene beiden Glieder lassen sich indess in sehr vielen Fällen noch deutlich unterscheiden, bald noch durch eine Trennungslinie, bald wenigstens durch gesonderte Muskelansätze. Vom Stipestheil entspringt der Palpus maxillaris, bei den höheren Lepidopteren stark reducirt, bei den niedersten Kleinfaltern mächtig entwickelt. Die Unterlippe endlich bildet eine spitz dreieckige oder herzförmige Chitinplatte, von der die meist drei, selten zweigliedrigen Labialpalpen entspringen. Bisweilen deutet eine senkrechte Mittellinie noch die Verwachsung des Labiums aus zwei Hälften an. — Meinert in Copenhagen und Tichomirow in Moskau hatten nun schon vor vier bis fünf Jahren die Ansicht ausgesprochen, dass die von Savigny als Mandibeln gedeuteten Theile nicht wohl solche sein könnten, sondern wohl zur Oberlippe gehören müssten, worauf dann die als Oberlippe früher gedeutete Platte ein Analogon zum Epipharynx anderer Insekten sein dürfte. Beide Autoren hatten indess, blos hochentwickelte Grossschmetterlinge untersuchend, beim weiteren Homologisiren Fehler begangen und ihre Meinung nicht zur Geltung bringen können, so dass nachher erschienene Arbeiten, so von Kirbach, stets die alte Deutung beibehalten hatten. — Jene früher für Mandibelreste angesehenen Theile sind nun in der That keineswegs selbständige Organe. Starke Verhornung der Ränder, bedingt durch den Borstenansatz, liessen eine selbständige Abgliederung vertäuschen. Sie hängen in der Mitte gleichmässig zusammen und stellen somit nichts weiteres dar, als die stark vorspringenden Ecken einer tief ausgeschnittenen Oberlippe. Die als Oberlippe gedeutete feinste

Börstchen tragende Platte ragt unter dem mittleren Theile jener vor, ist blos an der Basis mit jener verwachsen und somit zweifellos ein Epipharynx. So deutlich ich diese Lagerungsverhältnisse an zahlreichen Präparaten erkennen kann, vermag ich den Beweis nun noch dadurch zwingend zu machen, dass ich echte Mandibeln auch an Schmetterlingen neben den zwei erwähnten Organen aufgefunden habe. Die Angaben Meinerst's und Tichomirow's vom Vorkommen solcher bei Grossfaltern, nach Meinert einzig in den Genera Smerinthus und Zygaena, muss ich zurückweisen. Für sämmtliche Grossschmetterlinge leugne ich durchaus das Vorhandensein von Oberkiefern, auch in rudimentärer Form. Sie sind mit der Ausbildung des Saugrüssels ausser Funktion gesetzt und auf Kosten dieses bis zum Schwund eingezogen. Dagegen finde ich die Mandibeln noch in der Form beissfähiger Kauladen in der Kleinschmetterlingsgattung Micropteryx, welche ich schon in meiner Dissertation in Uebereinstimmung mit Speyer auf Grund der sechsgliedrigen Maxillarpalpen als niederste Schmetterlinge in Anspruch genommen hatte. Unter Oberlippe und Epipharynx liegen hier diese Organe als starke Hornstücke. Kräftige Hornzähne am Schneidenrande, zwei der für diese Kauladen typischen Gelenkhöcker, nebst einer Gelenkgrube am Basalrande, schliessen jeden Zweifel der Deutung aus. In reducirter Form vermochte ich Mandibeln dann noch in einigen Kleinfaltergattungen zu erkennen. So sind sie zahnlos lang und mehr schwertförmig bei Tinea und Tineola sowie bei Hyponomeuta. Mehr kolben- oder keulenförmig bei den Pyralo-Crambiden etc. schieben sich aber stets, an den Genä oder Wangentheilen des Kopfskeletes eingelenkt, mit ihrem Schneidentheile zwischen die Oberlippenecken und die Rüsselbasis ein. —

Auch die übrigen Mundtheile des Micropteryx zeigen ein noch höchst primitives Verhalten. Am ersten Maxillenpaare sind Cardo und Stipes völlig gesonderte Glieder. Von letzterem geht nach aussen der sechsgliedrige Palpus maxillaris ab, in zwei- bis dreifacher Kniebiegung sich über die Gesichtsfläche legend und die Mundtheile vollkommen verdeckend. Neben ihm finden sich zwei getrennte Maxillarladen. Die äussere dieser stellte die primitivste Anlage eines Schmetterlingsrüssels dar. Als kurzer im oberen Theile weichhäutiger, an der Basis verhornter Schlauch, oder kurzes Zäpfchen, trägt sie an der Innenfläche lange Chitinanhänge, die ihr ein kammförmiges Aussehen verleihen. Die Innenlade besteht aus einem stark hornigen hohlmeisselförmigen

Stück, das mit seiner Rinne seitlich die Innentheile der Unterlippe stützt. So vermögen sich die Rüsselanlagen noch nicht aneinander zu legen, sondern stehen weit getrennt an den Seiten der Mundöffnung, blos mit den Spitzen convergirend. — An der Unterlippe entspringen vom Mentum dreigliedrige Labialpalpen, hinter diesen zwei mit starken Borsten besetzte Chitinplatten, die freien Aussenladen, zwischen diesen endlich finden sich die Innenladen zu einem kurzen breiten Röhrchen verwachsen, das von innen nach aussen abgestutzt, nach aussen geöffnet scheint. An die helle membranöse Innenwand dieses legt sich noch ein zweites Röhrchen oder Halbröhrchen, das als Hypopharynx in Anspruch zu nehmen ist. Bei den höheren Micropteryginen ändert sich bereits das Verhalten. Bei ihnen haben die Mandibeln bereits die Zähnelung verloren. An den ersten Maxillen findet sich bloss eine Lade, die durch Aneinanderlegen der beiderseitigen Theile einen kurzen schon leicht rollbaren Rüssel bildet. Die Unterlippe ist lang und spitz ausgezogen, lässt am Grunde aber noch das Hypopharynxröhrchen erkennen. — Unerlässlich war bei dem vorgesetzten Plane auch eine Untersuchung derjenigen Kleinschmetterlinge, deren Metamorphose sich im Wasser abspielt. Etwa 10 Arten solcher, aus vier bis fünf Genera, sind in Deutschland einheimisch. Unter ihnen ist Acentropus am innigsten ans Wasser gebunden. Nicht allein, dass die Raupe und Puppe untergetaucht an Ceratophyllum submersum, selten an Potamogeton, leben, sondern auch die Imago, das ausgebildete Insekt, entfernt sich nie von dem Spiegel des Wassers. Nach Angabe der Beobachter flattert das ♂ über demselben auf und nieder, sich auf schwimmende Blättchen etc. setzend. Das flugunfähige ♀ sollte sogar nach H. v. Heynemann schwimmend das ♂ zur Begattung erwarten. Nach brieflicher Mittheilung zuverlässiger Beobachter (des Herrn Gerichts-Notar C. H. Reutti am Bodensee) ist das Schwimmen des ♀ allerdings bloss Nothlage. Immerhin aber gehört unter den luftlebenden Insekten Acentropus mit zu den entschiedensten Wasserthieren. Bisher hatte einzig Speyer den Acentropus auf seine Mundtheile hin untersucht, wenn wir von den alten Arbeiten absehen. Zu seinen Ergebnissen vermag ich eine Reihe von Ergänzungen und Berichtigungen hinzuzufügen, die an anderem Orte ausgeführt werden sollen. Im Endresultate stimme ich aber darin mit Speyer überein, dass Acentropus uns keinerlei Uebergangsform zwischen Lepidopteren und niederen mehr wasserlebenden Insekten darbietet, sondern in allen Stücken ein typisches

Lepidopteron ist, freilich mit einer Reihe interessanter morphologischer Eigenheiten. Anfangs war ich auch geneigt, diese mit Speyer insofern für besonders wichtig zu halten, als man ihre Entstehung eher auf dem Wege lange fortgesetzter Vererbung, denn auf dem sekundärer Anpassung ans Wasserleben entstanden, sich denken könnte. Nachdem ich nun aber die wirklich primitivsten Formen der Schmetterlingsmundtheile kennen gelernt und am Acentropus keine Spur derselben, wie auch keinerlei Anklang an irgend ein niederes Insekt gefunden habe, scheint mir doch mehr für ein sekundäres Verhalten zu sprechen. Einige der morphologischen Verhältnisse, so Zweigliedrigkeit der Labialpalpen, bis an Schwund grenzende Reduktion von Oberlippe und Epipharynx finden sich sonst einzig bei Formen mit sekundär verkümmerten Fresswerkzeugen. Ein sehr enges Zusammenliegen der Mundtheile zeigt Verhältnisse, die sich stets bei den Schmetterlingen während des Puppenstadiums finden. — Die übrigen Wasserschmetterlinge Paraponyx, Cataclysta, Hydrocampa bieten nichts auffälliges, sondern sind in allen Stücken typische Pyraliden, mit entwickeltem Rüssel etc.

Es erübrigt noch eine oft und selbst von Speyer geltend gemachte Ansicht zurückzuweisen, dass nämlich Cossus und einige andere Grossschmetterlinge mit ganz kurzem oder fehlendem Rüssel tief an die Basis des Schmetterlingsstammes zu stellen seien. Für all' diese Formen vermag ich zwingend eine späte secundäre Reduction aus bereits hoch entwickelten langrüsseligen Formen zu erweisen, und zwar auf Grund der Rüsseltrachee. In jedem wohlentwickelten Rüssel durchzieht dieselbe diesen in gleichmässigem Verlaufe, nur schwache Wellungen bildend. Sobald aber bei einem Grossfalter oder höheren Kleinfalter auffällige Rüsselkürze sich zeigt, entspricht die Trachee nie an Weite ihres Lumen oder in ihrer absoluten Länge diesem mangelhaften Entwickelungsgrade der sie bergenden Maxillarlade, sondern bleibt starklumig und lang, muss sich deshalb im Rüsselrest in Schlingen legen und zusammenknäueln. Bisher war in der Literatur nur von Breitenbach das Verhalten für einen Fall an Arctia Caja verzeichnet, dort aber als pathologisches Verhalten angesehen, auf Kosten einer allgemeinen Verkrüppelung des Br. vorgelegenen Exemplares geschoben worden. An einer langen Reihe von Formen habe ich jetzt alle Stufen der Reduktion und die ihnen genau entsprechend zunehmende Tracheenverschlingung zusammengestellt. Sehr lehrreich ist unter den Spinnern hiefür die Gruppe der Arctiidae

im weitesten Sinne. Ihre Gattungen Deiopeia, Pleretes und Callimorpha besitzen lange und in jeder Beziehung wohlentwickelte Rüssel wie die Tagfalter, Eulen etc. Die Trachee durchzieht dieselben einfach von der Basis bis zur Spitze. Bei Nemeophila Russula und Plantaginis ist der Rüssel, auch im Verhältniss zur Gesammtgrösse des Thieres, bedeutend kürzer und die Trachee bildet in der Rüsselspitze hier eine starke Verschlingung. Bei Arctia Purpurata und Villica wird dieselbe stärker. Bei Arctia Casta stellt sich ausser der Schlingung in der Spitze eine weitere tiefer gelegene ein. Bei Arctia Caja dazu eine dritte, die bis zur Mitte der Rüssellänge hinabreichen kann. Bei Arctia maculosa geht sie bis nahe zur Basis. Bei Euprepia Pudica reiht sich Schlinge an Schlinge von der Basis bis zur Spitze des ganz kurzen Rüsselrudimentes. Nehmen wir dazu endlich eine Form wie etwa Cossus Ligniperda, deren Maxillarladen nur noch als ganz kleine Papillen an den Ecken der Mundöffnung zu entdecken sind, so werden diese von einem wirren Tracheenknäuel erfüllt. Eine ganz ähnliche Reihe liefert die Familie der Notodonten und wo überhaupt ich unter Grossfaltern und höheren Kleinfaltern (mit Ausnahme von Acentropus) einen auffällig kurzen, oder bis zum Schwund reducirten Rüssel fand, suchte ich auch nie vergeblich nach der Aufschlingung der Trachee. Anders unter den Kleinfaltern mit entwickeltem Maxillarpalpus. In dem auch verhältnissmässig sehr kurzen Rüsselchen der höheren Micropteryginen, wie bei einigen Arten von Tinea, das noch kaum leicht rollbar oder mehr erst krümmbar ist, konnte ich bisweilen ein feines Tracheenrohr von der Basis bis zur Spitze gleichmässig verlaufen sehen. Hält man dieses Verhalten dem vorher geschilderten gegenüber, so lässt sich das für kurzrüsselige Gross- und solche Formen höherer Kleinfalter (z. B. bei Aglossa) wohl einzig dahin erklären, dass bei secundärer Reduction eines bereits wohlentwickelten langen Rüssels, die Rüsseltrachee mit diesem nicht den gleichen Reductionsschritt einhält, sondern vielmehr eine ihr erblich eigenthümliche Länge mit grosser Resistenz zu wahren bestrebt ist.

Kehren wir nun nochmals zu den Mundtheilen des Mikropteryx zurück, so glaubte ich gleich mit der Auffindung jener Verhältnisse dem Ausgangs- und Anknüpfungspunkte für die Schmetterlingsmundtheile nahe gerückt zu sein. Ihn genau festzustellen, bleibt immerhin schwierig. Speyer hatte in seiner Ge-

nealogie der Schmetterlinge, die enge Verwandtschaft derselben mit den Phryganiden nachzuweisen gestrebt. Er gelangte indess zu dem Schlusse, dass trotz vielfacher Uebereinstimmung eine weite Kluft, gegeben namentlich durch die Mundtheile der Imagines, beide Gruppen trennt. Diese vermag auch Mikropteryx nicht zu überbrücken. Ich hatte sodann an die Dipteren gedacht, dazu veranlasst durch die schwertförmigen Mandibeln von Tinea, die lang ausgezogene Unterlippe der höheren Mikropteryginen und das Vorkommen echter Schmetterlingsschuppen bei langrüsseligen Mücken. Die übrigen Verhältnisse lassen sich indess nicht in Einklang bringen. Endlich habe ich nun die grösseste Uebereinstimmung unter niedersten Hymenopteren, in der Abtheilung der Blattwespen gefunden. Bloss bei Hymenopteren finden wir oft noch an der Imago eine stark ausgeschnittene Oberlippe, bloss bei ihnen und den Schmetterlingen einen grösstentheils freien nur an der Basis mit der Oberlippe verwachsenen Epipharynx. Die Mandibeln sind beissende Kauladen. An der ersten Maxille findet sich bei Blattwespen ein meist sechsgliedriger Palpus maxillaris, der sich dann Glied um Glied in den höheren Formen reducirt, genau wie bei den Schmetterlingen. Neben ihm sind zwei freie Maxillarladen vorhanden, deren innere meist rinnenförmig gehöhlt seitlich die Innentheile der Unterlippe stützt, wie bei Micropteryx. An der Unterlippe finden sich 4, selten 3 gliedrige Labialpalpen, freie Aussenladen und zu einem kurzen von innen nach aussen abgestutzten Röhrchen verwachsene Innenladen, wenigstens in manchen Formen. Endlich bei allen Hymenopteren ein kurzer Hypopharynx. Mit Zuhilfenahme der Metamorphose, namentlich der Larven, der Puppengespinnste etc. lässt sich diese Uebereinstimmung noch bedeutend vervollkommnen. — In der Metamorphose und Morphologie bieten überhaupt Diptern, Hymenoptern, Lepidoptern und Phryganiden eine Summe von übereinstimmenden Verhältnissen dar, die in keiner anderen Ordnung sich wiederfinden; und zwar derart, dass dieselbe zwischen den 3 erstgenannten grösser ist, bei den Phryganiden einige derselben fehlen und an ihre Stelle, so in den Mundtheilen der Imagines und in den Ausdehnungsverhältnissen der Flügel, direkte Uebergänge zu den niederen beissenden Insekten gegeben werden. Auf Grund eigner vergleichender Untersuchungen, wie umfassenden Literaturstudiums halte ich dafür, dass die Diptern, Hymenoptern und Lepidoptern, also die alte Gruppe der Insecta sugentia, eine natürlich umschriebene darstellen, deren gemeinsamer Ausgangspunkt unter den

Neuropteren in der Familie der Phryganiden liegt. Unter den Sugentia sind es dann die Lepidoptern und Hymenoptern, die mit ihren primitivsten Formen eng zusammenstossen, in ihren höchsten weit divergiren, beide in den niedersten Formen eine Reihe von Merkmalen besitzend, die einen engen genetischen Zusammenhang mit den Diptern andeuten. Die speciellen Anknüpfungspunkte an diese werden sich sicher herausstellen, sobald ihre primitivsten Formen eingehend vergleichend untersucht sein werden und nicht bloss die höchsten durch Parasitismus, sekundäre Anpassung ans Blutsaugen etc. in ihren eigensten Verhältnissen getrübten Formen.

In einer grösseren Arbeit, die neben der detailirten Darstellung der hier kurz referirten Befunde, noch einige weitere vergleichend morphologische Thatsachen, an grossem Materiale gesammelt, bringen soll, will ich zum Schlusse die angedeuteten Uebereinstimmungen zwischen den genannten Ordnungen sorgfältig zusammenstellen und hoffe mit dem ganzen das richtige Verständniss vom natürlichen Zusammenhang der Insektenordnungen um einiges fördern zu können.

An der Discussion betheiligen sich die Herren Haeckel und Fürbringer.

2) Darauf sprach Herr Karl Bardeleben:

Zur Entwickelung der Fusswurzel.

(Ein neuer Tarsusknorpel beim menschlichen Embryo und eine neue, sechste, Zehe bei Beutelthieren.)

M. H.! Bereits im October 1884 (s. Sitzungsberichte für 1884, 11. Sitzung) hat das Thema, über welches ich Ihnen heute neue Mittheilungen zu machen gedenke, auf der Tagesordnung gestanden. Ich bin indess, als damaliger Vorsitzender, da andere Mitglieder Vorträge angemeldet hatten, zurückgetreten. Die Untersuchungen, auf welche ich mich heute beziehe, sind im Anschluss an frühere, über die ich der Gesellschaft bereits drei Mal zu berichten die Ehre hatte (Sitzungsberichte für 1883, Sitzungen vom 1. März, 27. April und 8. Juni), angestellt worden und zwar im Laufe des Sommers 1883. Mein Plan, alle meine vergleichend-anatomischen und -embryologischen Studien über den Tarsus der Säugethiere in einer Monographie niederzulegen, hat sich wegen Mangel an genügendem embryonalen Material, sowie an Zeit noch nicht verwirklichen lassen. Die Absicht, weitere vorläufige Mittheilungen über die seit Februar 1883 mit grossen, ausser dem

Bereiche meines Willens liegenden Unterbrechungen im Gange befindlichen Untersuchungen nicht mehr zu machen, wurde durch die mir Ende September 1884 auf der Magdeburger Versammlung durch Herrn Collegen ALBRECHT (Brüssel) mündlich gemachte Mittheilung, er halte nicht mein Trigonum, sondern den Talus für das Intermedium, das Trigonum sei homodynam dem Triquetrum der Handwurzel, — sowie durch die im October 1884 erfolgte gütige Zusendung einer Arbeit des genannten Forschers (Sur les homodynamies qui existent entre la main et le pied des mammifères. Presse méd. belge. No. 42. 19. Oct. 1884) vereitelt.

Die schon MECKEL (System der vergl. Anatomie, II. Th. 2. Abth. S. 457 u. 458) bekannte Zweitheilung des Naviculare tarsi bei Nagern hatte ich im Sommer 1883 beim menschlichen Embryo gesehen und nahm Gelegenheit, dies Herrn Prof. HIS in Leipzig (am 25. October 1884) an seinen eigenen Präparaten zu zeigen. Vor einigen Tagen las ich nun eine Arbeit von BAUR (Zur Morphologie des Tarsus der Säugethiere. Morphol. Jahrbuch Bd. X, Heft 3, S. 458—461), deren Titel mir vor kurzer Zeit aus der Buchhändleranzeige in der Beilage des Zoolog. Anzeigers bekannt geworden war, die ich aber, da erst heute (6. Februar 1885) das betreffende Heft des morphol. Jahrbuchs für unsere Gesellschaft resp. die hiesige Universitäts-Bibliothek eingelaufen ist, nur durch die Güte meines Chefs, des Herrn Prof. HERTWIG, vor einigen Tagen erhielt. BAUR weist, wie ALBRECHT (s. o.), auf die Zweitheilung des Naviculare bei Nagethieren hin und gibt an, dass er bei Cavia und bei einem Hunde-Embryo den zweiten, inneren Knorpel („Sesambein" früherer Autoren) gleichzeitig mit den anderen Tarsus-Elementen gesehen habe. BAUR spricht diesen inneren Knorpel resp. Knochen als das Tibiale an und sieht sich in Folge dessen veranlasst, mein Trigonum als „Sesambein" zu bezeichnen, da er den Talus bei Embryonen (welchen? aus welchem Stadium?) immer nur aus einem Stücke bestehend finde. Der Talus sei das Intermedium.

Ich muss nun offen gestehen, dass ich mich mit der bisher herrschenden Ansicht, das Naviculare tarsi sei das oder ein Centrale, resp. bestehe nur aus einem solchen, niemals recht habe befreunden können. Dass das Centrale tibialwärts wandere, war ja glaublich, aber dass es ganz an den inneren Rand gelange, unwahrscheinlich. Meine in meinem ersten Schema (1883, April) einstweilen hypothetisch ausgesprochene Idee, dass dann auch das Centrale carpi an den radialen Rand gelangen könne oder müsse,

dort die Tuberositas ossis navicularis carpi bilde, fand Widerspruch seitens LEBOUCQ's, und zwar mit Recht; auch ich habe mich inzwischen an Präparaten vom Carpus menschlicher Embryonen, welche ich der Güte des Herrn Prof. HIS in Leipzig verdanke, von der Unhaltbarkeit dieser Auffassung überzeugt.

Ich fand nun, wie gesagt, am Naviculare tarsi bei menschlichen Embryonen des 2. Monats einen zweiten, kleineren Knorpel, der auf Flächenschnitten die Form eines rechtwinkligen Dreiecks zeigt, dessen Hypotenuse dem inneren Fussrande entspricht, dessen kleinere Kathete proximal gerichtet dem Talusknorpel, dessen grössere distal-fibular gelegene Kathete dem bisher als Centrale tarsi betrachteten und allein bekannt gewesenen Hauptknorpel des späteren Naviculare anliegt.

Es erheben sich nun mehrere Fragen:

1) Ist durch den Nachweis dieses neuen, wie ich nach übereinstimmenden Befunden an Schnittserien von fünf Embryonen der 6.—8. Woche annehmen muss, constanten, typischen Tarsus-Elementes meine Auffassung, dass das Trigonum das Intermedium ist, hinfällig geworden? Ist das Trigonum jetzt gewissermassen überzählig oder überflüssig?

Meiner Ansicht nach nicht. Nach wie vor muss ich das Trigonum, da es gerade so typisch angelegt wird und auf den Präparaten gleichzeitig mit dem oben beschriebenen Knorpel vorkommt, als das Intermedium, oder vielleicht richtiger als ein Intermedium (etwa i_1) auffassen.

2) Was wird nun aus dem Talus s. s., dem grösseren distalen Abschnitte des Astragalus, wie ich, um Verwechslungen zu vermeiden, Talus + Trigonum nenne?

Dass der Talus s. s. das Tibiale sei, kann ich nicht mehr annehmen. Ich habe in meinem Schema überhaupt nur, auf die Autorität GEGENBAUR's u. A. gestützt, die bisherigen Homologien acceptirt. Ich halte den neu von mir beim menschlichen Embryo gefundenen Knorpel für das Tibiale. Das Naviculare tarsi besteht sonach aus dem Tibiale + Centrale oder richtiger, einem der beiden Centralia, sagen wir c_2, d. h. das Naviculare besteht an Hand wie Fuss schliesslich doch aus homodynamen Elementen, dort Radiale + Centrale, hier Tibiale + Centrale. Die alten Anatomen haben also Recht gehabt, beide Knochen mit demselben Namen zu belegen! Damit bleibt für den Talus s. s. nur übrig: entweder ein Centrale (c_1) oder ein Intermedium (i_2).

Das Pisiforme homologisire ich jetzt, wie das früher geschah und wie ALBRECHT es auch wieder thut, mit dem g a n z e n Calcaneus, nicht nur mit seiner Tuberositas.

Als Ausdruck meiner jetzigen Ansicht gebe ich folgendes Schema

	ob. Extrem.		unt. Extrem.	
navi-culare	radialer Hauptth. d. nav.	— radiale, tibiale —	cartil. tuberos. nav.	naviculare
	centrale (Rosenbg.)	— centrale (2) —	Hauptth. d. navic.	
	lunatum	— intermedium (1) —	trigonum (Bardel.)	astragalus d. höheren Säuger
	triquetrum	— centrale (1) — (oder intermedium 2 ?)	talus s. s.	
	pisiforme	— ulnare, fibulare —	calcaneus	

(An dem unter dem Mikroskop befindlichen Präparate kann man das Intermedium (Trigonum) am proximalen Ende des Talus und den tibialen Knorpel an sieben auf einander folgenden Schnitten deutlich gleichzeitig erkennen.)

Die Zweitheilung des Naviculare tarsi ist beim erwachsenen Menschen als eine sehr seltene Varietät beschrieben worden, so von W. GRUBER. Dass ich das Verhalten beim Embryo aus der Mitte und dem Ende des 2. Monats constant finde, habe ich bereits angegeben. Wie lange die Trennung dauert, vermag ich wegen Mangel an Material noch nicht genau zu sagen. Meine Vermuthung, dass sich in der Pubertätszeit vielleicht ein besonderer K n o c h e n k e r n anlege und das Naviculare eine Zeit lang aus z w e i K n o c h e n bestehe, wie es beim Embryo zeitweise aus zwei Knorpeln besteht, hat sich, soweit das Material der Sammlung in Jena erkennen lässt, bestätigt. (Vgl. RAMBAUD und RENAULT.) Meist war das tibiale Knöchelchen allerdings bei der Maceration verloren gegangen, jedoch zeigte die mediale Fläche des übrig gebliebenen Hauptstückes deutliche Spuren des künstlich „abhanden" gekommenen Elements. Einmal konnte ich das innere Knöchelchen am Naviculare eines 15jährigen Individuums nachweisen. Es ist 8 mm lang, 5 mm breit, 2 mm dick. (Das Präparat circulirt in der Gesellschaft.)

Eine genaue Durchsicht aller auf der hiesigen Anatomie befindlichen Exemplare von Naviculare tarsi, sowie der Fuss- oder ganzen Skelete ergab ferner, dass man bei fast $^1/_3$ der Erwachsenen die Spuren der früheren Trennung in deutlicher Weise, oft als rings um den inneren Theil des Knochens (Tuberositas) sagittal verlaufende Naht nachweisen kann.

Ich möchte nun für beide von mir bei menschlichen Embryonen zuerst gesehenen Knorpel dasselbe Recht beanspruchen. Die Beweise, welche BAUR dafür anführt, dass der von ihm bei Cavia

und Hund gefundene Knorpel kein Sesambein, sondern ein typisches Tarsus-Element sei, acceptire ich vollständig. Es war, seitdem ich den Knorpel beim Menschen fand, auch meine Ansicht. Denselben Beweis kann man aber auch für mein Trigonum führen, welches ich nach allem mir darüber Bekannten als das Intermedium ansprechen musste und muss. Embryonen von Beutelthieren oder Monotremen habe ich bisher noch nicht erhalten können. Dass gerade aber der Mensch zwei bisher unbekannte Tarsus-Elemente embryonal anlegt, um sie dann gelegentlich beim Erwachsenen als Varietät getrennt zu erhalten, ist ein neuer Beweis für die von mir zuletzt im Biolog. Centralblatt (Bd. IV, 1884, S. 374 ff.) gekennzeichnete Stellung des Menschen in der Thierreihe.

Ehe ich über embryonales Material von niederen Säugern verfüge, kann ich auch eine weitere Frage nicht entscheiden, die ich hier, da es mir um die Sache, nicht um persönliche Interessen zu thun ist, erwähnen möchte. Die schon lange bekannten überzähligen Skelettheile am inneren Fussrande bei Nagern, Ornithorhynchus und Beutelthieren könnten entweder Tarsus-Elemente oder aber Metatarsus- resp. Zehen-Rudimente sein. Bei Didelphys cancrivora (Sammlung Jena, Nr. 2408) finde ich beiderseits ein ausserordentlich stark in die Breite entwickeltes, weit über den inneren Rand des I. Metatarsus medial herausragendes erstes Keilbein („tarsale I“), welches — in Gestalt einer sagittal verlaufenden Naht — eine frühere Zweitheilung erkennen lässt und ausser dem Hallux-Metatarsus noch einen zweiten, ähnlichen Knochen von 4 mm Länge, 2,5 mm Breite (an Basis), 2 mm Dicke trägt. (Meckel, l. c. S. 459 sagt: „Bei den Didelphen trägt das erste Keilbein hinten einen ansehnlichen Nebenknochen ...“) Das Naviculare erstreckt sich gleichfalls sehr weit nach innen, ebensoweit, wie das tarsale I, und zeigt gleichfalls die Andeutung einer Zweitheilung. In dem oben beschriebenen, am tarsale I articulirenden Knochen erkenne ich, bis ich durch embryonale Untersuchungen eines Besseren belehrt werde, eine rudimentäre sechste Zehe.

Auf einer Studien-Reise durch Deutschland, Holland, Belgien, Frankreich und England hoffe ich das vergleichende und embryonale Material zu erlangen, um die Fragen des Säugethier-Tarsus zu lösen. Meine bereits vor zwei Jahren Herrn Prof. Marsh in New-Haven Connect. (Nordamerika) kund gegebene Absicht, sein Yale College Museum, das unermessliche Schätze bieten muss, zu diesem Zwecke zu besuchen, hoffe ich, wenn die bei deutschen Forschern bekannten „äusseren Umstände“ es gestatten, später

auszuführen, falls mir Herr Baur, der dort an der Quelle sitzt, um die vor zwei Jahren von mir in Fluss gebrachte Angelegenheit des Säugethier-Tarsus monographisch zu bearbeiten, gütigst etwas übrig lässt. Vielleicht erfahre ich dann auch authentisch, was man unter einem „Sesambeine“ zu verstehen habe, warum z. B. mein mit drei Gelenkflächen an Tibia, Fibula und Talus s. s. articulirendes Trigonum ein Sesambein sein soll, wenn der an Talus und Naviculare s. s. mit zwei Gelenkflächen grenzende Knorpel kein solches ist.

An der Discussion nehmen Theil die Herren Haeckel und Hentschel.

---

4. Sitzung am 20. Februar 1885.
Im physikalischen Institut.

1) Zuerst sprach Herr Prof. Dr. E. Reichardt

Ueber Untersuchung und Beurtheilung des Trinkwassers vom Standpunkte der Gesundheitspflege.

Der Vortrag schliesst sich an den schon früher über denselben Gegenstand gehaltenen an, um die neueren Erfahrungen auf diesem Gebiete vorzuführen, namentlich auch bezüglich der Untersuchung auf Mikroorganismen nach dem Verfahren von Koch durch Züchtung mit Nährgelatine.

In neuerer Zeit wird versucht, dem Trinkwasser in seiner Beschaffenheit als Nahrungsmittel keine besondere Bedeutung beizulegen und es als ziemlich gleichgültig hingestellt, ob man Flusswasser, Grundwasser oder wirkliche reine Quellen verwende. Diese Ansicht stützt sich auf Angaben, welche beweisen wollen und sollen, dass das Trinkwasser überhaupt nicht zur Verbreitung der ansteckenden Krankheiten beitrage, vielmehr nur Luft und Boden die Träger der Ansteckungsstoffe seien und namentlich in letzterem die Bedingungen zur Entwickelung gesucht und gefunden werden müssten! Bei der thatsächlich so mangelhaften Kenntniss der Ursache der Entstehung und Verbreitung ansteckender Krankheiten sind derartige Aussprüche um so weniger angezeigt und vielmehr der einzig richtige Grundsatz der Gesundheitslehre festzuhalten, möglichst reine Nahrung und Umgebung zu schaffen, da die Ursachen gewiss mannigfacher Art sein können, örtlich verschieden, einfacher und zusammengesetzter Natur! Betrachtet man aber die

Möglichkeiten der Verbreitung der ansteckenden Krankheiten durch die äussere Umgebung, so würden diese in der Luft, dem Wasser und dem Boden zu suchen sein und letzterem sogar wegen seiner ruhigen Lage der mindere Grad der Schädlichkeit angehören, ebenso der Luft wegen der möglichen raschen Erneuerung, so dass dem Wasser als dem leichter beweglichen und doch länger verweilenden Materiale der grösste Grad der Uebertragbarkeit zufallen würde. Hiermit stimmt auch die Erfahrung überein, dass erst durch Schliessung des Brunnens die Epidemie beseitigt wurde, durch Kochen das Wasser seine schädliche Wirkung verlor u. s. w. Betrachtet man ferner das, was man über die Schädlichkeit des Bodens kennt, so beruht die schädliche Umgestaltung in demselben auf dem Steigen und Fallen des Wassers, des Grundwassers, auf den durch diesen Wechsel erst möglichen Luftzutritt und die regere chemische Thätigkeit, in deren Folge die gesundheitsschädlichen Verhältnisse allein entstehen könnten! Jedoch ist es ja Koch in Indien sogar gelungen, die Cholerabacterien in Wasser aufzufinden und die Ansteckung durch dieselben zu beobachten. Alle diese Thatsachen führen zu dem Schlusse, dass man bei diesen Fragen der Gesundheitspflege um so vorsichtiger sein müsse und in keiner Weise von der Forderung der grösstmöglichsten Reinheit abstehen solle.

So oft mir Gelegenheit geboten wurde, Wasser zu prüfen, welches in dem dringenden Verdachte der Verbreitung ansteckender Krankheiten stand, ist auch stets, früher allein die mikroskopische Untersuchung, jetzt die Züchtung der Mikroorganismen nach Koch mit in Anwendung gelangt und ohne Ausnahme auf beide Weisen bestätigt worden, dass in solchem fraglichen Wasser eine ganz ungewöhnliche Menge von Pilz- und Bacterienkeimen vorhanden waren. Schliessung des betreffenden Brunnens, oder im Nothfalle nur Verwendung länger gekochten Wassers haben ebenso ausnahmslos die beste Hülfe gewährt und oft die sofortige Begrenzung der Epidemie bewirkt, wie mir die betreffenden Aerzte mit unwiderleglichen Beispielen bewiesen. In sehr vielen Fällen, auf Dörfern und in Städten, war es gegeben, die Ansteckung und Verbreitung des Typhus und anderer Epidemien auf einen bestimmten, verunreinigten Brunnen zurückzuführen; der Genuss des Wassers konnte genau so weit verfolgt werden, als die Krankheit sich ausgebreitet hatte. Man sollte meinen, dass so vielen thatsächlichen Beobachtungen gegenüber die Frage als erledigt betrachtet werden könnte, aber ebenso einseitig würde es sein, dem Trinkwasser

allein eine solche schädliche Wirkung beizumessen. Bei jeder Epidemie wird man in der Aufsuchung der Ursachen mit den örtlichen Verhältnissen rechnen müssen, welche eben so mannigfach gestaltet sein können.

Die Fälle, wo man den Ansteckungsheerd auf bestimmte Häuser, bestimmte Wohnungen, eine bestimmte, bewohnte Scholle Erde zurückführen konnte, oder auf benachbarte Canäle u. s. w., sind ebenso bekannt und gewichtig. Die Beschaffung eines reinen, gleichbleibenden Trinkwassers bildet in der Kette der hygienischen Verbesserungen ein Glied, aber ein sehr wichtiges wegen der vielfachen Benutzung des Wassers als Nahrung und nothwendigstes Reinigungsmittel.

Bei der Beurtheilung eines Trinkwassers müssen daher die zeitlich gebotenen wissenschaftlichen Hülfsmittel in Anwendung gebracht werden, um einen Einblick in die Beschaffenheit desselben zu gewinnen; es genügt in keiner Weise mehr, die äusserlichen Eigenschaften farblos, klar, geschmack- und geruchlos zu bestimmen, oder wie mir in neuester Zeit sogar ein Gutachten eines namhaften Gelehrten zur Hand kam, Schönheitsfehler! auszusprechen, sondern es müssen die Erfahrungen der wissenschaftlichen Forschung in Betracht gezogen werden, um ein Wasser zu erlangen, welches, frei von äusseren Verunreinigungen, in seiner Mischung und den sonstigen Verhältnissen sich gleich bleibe, um so die möglichste Sicherheit in gesundheitlicher Beziehung zu erreichen. Selbst bei der Annahme, dass das Wasser weniger Bedeutung für die Verbreitung ansteckender Krankheiten besitze, würde an dieser Forderung der Reinheit, wie bei jedem anderen Nahrungsmittel, festgehalten werden müssen.

Hierbei ist es falsch, die Schädlichkeit der jeweiligen augenblicklichen Mischung zur Beurtheilung zu verwenden. Dass Verunreinigungen im Quellwasser in so bedeutender Menge auftreten, um eine alsbaldige gesundheitsschädliche Wirkung vorauszubestimmen, dürfte nur sehr selten vorkommen; die Bestandtheile eines Trinkwassers sollen dazu dienen, die Reinheit desselben zu erkennen und zu beweisen, und diese Forderung ist sowohl auf dem Wege der chemischen, wie mikroscopischen Untersuchungen zu erledigen, indem die ersteren Anhalt bieten, auf die geognostischen Verhältnisse Rücksicht zu nehmen.

Hierbei scheint sehr allgemein eine Verwechselung der Begriffe gemeinüblicher Bezeichnungen stattzufinden.

Unter Quellwasser sind natürlich enstandene Wasseransammlungen tieferen Ursprunges zu verstehen, abgesehen von den sog. Tagesquellen, welche sehr ungleich, oft aussetzend, aus den oberen Schichten der Erdoberfläche hier und da nach wasserreicher Witterung aufzutreten pflegen. Beide sind sofort zu unterscheiden, da die eigentlichen Quellen eine gleiche Wärme in den verschiedenen Jahreszeiten besitzen und eine chemische Mischung ergeben müssen, deren äusserst geringe Schwankungen auf die geognostischen Verhältnisse zurückzuführen sind. Es sind eben Wasseransammlungen, welche auf grössere Sammelbecken im Gebirge oder Flachlande zurückzuführen sind, am Fusse des Gebirges oft massenhaft zu Tage treten, im Flachlande dagegen zu suchen sind, da sie sehr häufig unterirdisch bleiben und so den Flüssen, als den natürlichen Abwässerungsanlagen, zutreten. Desshalb sind Bäche und Flüsse auch im Flachlande ganz allgemein die Orte, in deren Nähe Quellen gesucht werden müssen. Die unbeständigen, flachliegenden Tagesquellen besitzen weder die gleiche Mischung, noch gleiche Wärmegrade, zeigen auch sehr bald die bedeutenden und gerade bei dieser Frage entscheidenden Schwankungen in der Wassermenge.

Grundwasser ist dagegen das im Untergrunde der Erdoberfläche auftretende, hier örtlich sich ansammelnde Wasser, dessen Stand und Beschaffenheit stets von der nächsten Oberfläche abhängen muss und sich äusserst verschieden gestaltet nach der Beschaffenheit des Bodens, ob durchlässig, ob wasserdicht; sehr häufig treten hier Quellen hinzu, aber die letzteren können dann tiefer gefasst und geeignet geschieden werden, so dass Zuflüsse von Aussen abgeschnitten werden.

Grundwasser und Quellwasser unterscheidet abermals die chemische und mikroscopische Prüfung; das Quellwasser soll stets gleiche Mischung, Wärme und wo möglich auch gleiche Stärke des Wassers gewähren, obgleich in letzterer Beziehung fast stets Schwankungen in längeren Zeitfristen zu beobachten sind, wie sie den natürlichen Verhältnissen der Jahreszeiten entsprechen. Das Grundwasser zeigt dagegen sicher Zuflüsse der oberen Erdschichten und hängt in den Schwankungen der Mischung, des Standes und der Wärme von den augenblicklichen oder kurze Zeit vorher aufgetretenen Witterungsverhältnissen der Gegend ab.

Die Schwankungen des Flusswassers in Mischung und Wärme beruhen natürlich in der wechselnden Beschaffenheit der Zuflüsse und der Jahreszeiten.

Flusswasser und Grundwasser sind Verunreinigungen der äusseren Umgebung zugänglich und desshalb zu beanstanden, sobald irgend Gelegenheit geboten wird, Quellwasser zu erreichen.

Für die Beurtheilung des Quellwassers, die Auffindung und den Nachweis sind, ganz abgesehen von besonderen Fällen, wie dem Vorkommen von Salzquellen oder Heilquellen u. s. w., die geognostischen Verhältnisse entscheidend und diese finden wieder Ausdruck in den als Mittelzahlen aufgestellten sog. Grenzzahlen. Diese letzteren sind demnach die wissenschaftliche Grundlage zur Beurtheilung, deren genauere Feststellung durch die Gebirge der Umgebung erhalten wird, denen die Quellen zugehören.

Die Grenzzahlen sind schon länger bekannt, und die Vorkommnisse reiner Quellen in den verschiedenen Gebirgen sind von mir in hinlänglicher Auswahl untersucht und veröffentlicht worden (vergl. Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkwassers u. s. w. 4. Auflage S. 33 u. f.), um jeden Augenblick Aufschluss zu geben. Jedoch beweisen Beispiele dies leichter.

In der Nähe von Rudolstadt i. Thür., unmittelbar an der Saale, wurden Versuchsbrunnen angelegt, um eine geplante Wasserleitung nach der Stadt zu versorgen, ebenso in der Nähe von Gera für diese Stadt. 100 000 Th. Wasser ergaben:

Abdampfrückstand	Organ. Substanz	Salpetersäure	Chlor	Schwefelsäure	Kalk	Talkerde	Härte
Versuchsbrunnen.							
20.5	1.20	2.56	1.59	4.01	6.7	2.1	9.6
Wasser der Saale daselbst.							
14.0	4.50	0	0.88	1.80	1.60	1.80	4.1
Schlossbrunnen (laufende, gefasste Quelle).							
37.5	0.12	0	0.25	1.03	12.32	2.16	15.3
Stadtbrunnen, desgl.							
39.0	0.61	0	0.74	2.40	11.20	3.24	15.7
Pumpbrunnen in der Kaserne.							
133.0	3.24	17.24	11.86	16.82	21.28	6.84	30.9
Gera, Versuchsbrunnen neben der Elster I.							
34.00	1.21	9.80	2.80	2.20	18.40	3.06	23.6
II.							
34.50	0.52	9.1	0.16	2.20	9.50	6.80	19.0
III (von Prof. Hofmann in Leipzig).							
39.10	5.60	1.62	2.38	2.95	9,47	3.52	14.4

Abdampf-rückstand	Organ. Substanz	Salpeter-säure	Chlor	Schwefel-säure	Kalk	Talkerde	Härte
Grenzzahlen für gutes Trinkwasser.							
10—50.	1.00	0.4	0.2—0.8	0.2—6.3			18.0
Quelle aus Kalkformation (Jena).							
32.5	0.90	0.02	0.37	1.37	12.90	2.90	17.0
Quelle aus Thonschiefer (Greiz).							
7.0	1.70	Spur	0.20	0.50	0.56	0.18	0.81
Quelle aus Thonsteinporphyr.							
2.50	0.80	Spur	0	0.34	0.56	0.18	0.81

Ein auch nur annähernder Vergleich der Zahlen giebt schon genügend Aufschluss. Die zwei Brunnen mit laufendem Wasser in Rudolstadt gehören dem Kalkgebirge an und sind dementsprechend hart, aber rein. Die Menge der Schwefelsäure ist gering und wird in dieser Formation sogar leicht mehr Gyps gefunden, denn auf diesen ist die Schwefelsäure hier zu beziehen.

Der Pumpbrunnen aus der Kaserne derselben Stadt zeigt die verunreinigenden Zuflüsse in höchstem Grade, und trat hier wiederholt der Typhus epidemisch auf.

Die Salpetersäure bildet für die Beurtheilung von Zuflüssen der oberen Erdschichten ein sehr werthvolles Mittel, da sie das End-Oxydationsproduct von stickstoffhaltenden organischen Substanzen — Abfallstoffen — ist. Die normalen Quellen enthalten nur sehr kleine Bruchtheile davon, und ist die Grenzzahl 0.4 schon sehr hoch gegriffen, wie die hier zum Vergleich gestellten Analysen von Quellwasser aus verschiedenen Gebirgsformationen deutlich beweisen. Das Wasser des Pumpbrunnens der Kaserne in Rudolstadt enthält 43 Mal mehr Salpetersäure, als die Grenzzahl angiebt, aber auch die erbohrten Wasserproben bei Rudolstadt und Gera, neben den dort vorhandenen Flüssen entnommen, beweisen, dass äussere Zuflüsse stattfinden. Die Salpetersäure beträgt, selbst wenn man die niedrigste Zahl zu Grunde legt, 4—5 Mal mehr als die Grenzzahl. Der Gehalt an Chlor, an organischer Substanz, Kalk und Talkerde schwankt bei dem Geraer Versuchsbrunnnen so, wie es bei Quellen niemals vorkommt, und die zum Vergleich gestellte Analyse des Saalwassers bei Rudolstadt neben dem Wasser des Versuchsbrunnen ergiebt, dass es sich hier um Flusswasser handelt, dem Zuflüsse der umgebenden Erdoberfläche etwas mehr Kalk, Schwefelsäure, Chlor und vor Allem wieder Salpetersäure liefern!

Die Entnahme derartigen Grundwassers führt aber meisten-

theils zu nicht absehbaren Veränderungen. Indem das Grundwasser in Masse gehoben wird, fliessen die Ansammlungen der nächsten oder weiteren Umgebung zu und liefern das, was hier sich angehäuft hat oder noch angehäuft wird; gleich bleibende Mischung ist nicht zu verlangen.

Untersuchungen von Wasserproben aus Gnesen gaben in 100 000 Th.:

Abdampfrückstand	Organ. Substanz	Salpetersäure	Chlor	Schwefelsäure	Kalk	Talkerde	Härte
			Wimmerer See.				
28.40	14.40	0	1.40	4.40	2.24	3.40	7.0
			Quelle auf Custodia.				
49.00	3.20	Spur	3.20	4.40	11.10	3.90	16.5
			Pumpbrunnen der Stadt I.				
333.0	14.70	27.00	65.60	26.60	33.04	17.30	57.2
			Desgl. II.				
340.0	15.10	17.20	82.00	27.40	45.90	16.20	69.6
			Grenzzahlen.				
10—50	1.0	0.4	0.2—0.8	0.2—6.3			18.0

Die hier untersuchte Quelle war noch nicht gefasst, und wurde bisher das Wasser gehoben, der Ueberfluss, sowie dasjenige von benachbarten Quellen gelangte in den See. Talkerde und Schwefelsäure sind ziemlich gleich, vom Kalk hat sich schon ein grosser Theil abgeschieden, und die hohe Steigerung der organischen Substanz kennzeichnet noch anderweitige Zuflüsse; jedenfalls ist das Quellwasser durch geeignete Fassung und Umwandlung in laufendes Wasser wesentlich zu verbessern, da bei Hebung sehr leicht Anlass zur weiteren Auslaugung der benachbarten Erdschichten gegeben wird. Wie weit die Zuflüsse der Pumpbrunnen in der Stadt sich steigern, zeigen beide Beispiele genügend; der eine der Brunnen war neu gegraben, erlangte aber natürlich im Boden dieselbe oder höchst ähnliche Mischung.

Dass die chemische Untersuchung allein es ermöglicht, die Reinheit der natürlichen Quellen je nach dem Gebirge zu beweisen, ist unbestreitbar, fraglich wird nur in der Regel die Tragweite derselben hingestellt.

Die unabweisbare Forderung einer reinen und gleichbleibenden Nahrung, auch hinsichtlich des Wassers, verlangt Quellen von gewöhnlicher Reinheit, weder Grund-, noch fliessendes Wasser können diesen Anforderungen genügen!

Die mechanischen Reinigungsweisen durch Filtration, Klärung u. s. w. sind thatsächlich mehr eine Reinigung für das Auge.

Elbwasser aus Magdeburg da entnommen, wo die Stadt dasselbe entnimmt und dann aus der Leitung in der Stadt, sowie Wasserproben der Leitung in Leipzig führten zu folgenden Ergebnissen.

100 000 Th. Wasser ergaben:

Abdampf-rückstand	Organische Substanz	Salpeter-säure	Chlor	Schwefel-säure	Kalk	Talkerde	Härte
Elbe, unfiltrirt:							
72.50	3.30	0	17.30	10.90	10.90	2.60	14.5
filtrirt:							
76.00	3.60	0	21.90	11.70	10.80	4.3	16.8
Leipzig, Wasser der Pleisse in der Nähe des Reservoirs.							
23.50	10.00	Spur	2.46	2.75	2.00	0.21	2.3
Reservoir der Wasserleitung:							
26.00	7.00	Spur	2.78	2.75	4.00	0.32	4.4
Leitung in der Stadt:							
27.00	5.20	Spur	2.78	3.77	3.50	0.21	3.8

Das Filtriren des Elbwassers hat eben nur geklärt, der Unterschied in beiden Proben entspricht den bei Flusswasser zu erwartenden Schwankungen.

Die Entnahme von Wasser zur Leitung nach Leipzig in der Nähe der Pleisse (Grundwasser) giebt nichts Anderes als das Pleissenwasser selbst.

Wie leicht und bald sättigen sich aber diese Filter mit schwebenden Theilen und reinigen dann nicht einmal mehr vollkommen mechanisch.

Die Frage, was wirkt schädlich, ist hier eine völlig unberechtigte, denn darüber kennen wir noch viel zu wenig, der Standpunkt der Gesundheitspflege richtet sich nur auf reine, gleichbleibende Nahrung, frei von ungehörigen Zuflüssen. Ist dies zu erstrebende Ziel erreicht, so fällt die erste Frage als bedeutungslos fort. Die Entnahme von minder gutem Trinkwasser kann nur als Ausnahme gelten, wenn die Erreichung einer Quelle nicht möglich ist.

Es ist namentlich durch neue Untersuchungen erwiesen worden, dass verunreinigtes Wasser durch Fäulniss und Verwesung und wiederum unter unentbehrlicher Mitwirkung von Mikroorganismen gereinigt wird, und die hier chemisch erwiesenen Bestandtheile sind meist völlig unschädliche Endergebnisse dieser Um-

setzungen, aber hier liegt die Aufgabe vor, reines Wasser, reine Nahrung zu schaffen und dies gelingt nur bei der Aufsuchung natürlich reiner Quellen! Diese werden sehr häufig in der Nähe der Flüsse gefunden und müssen dann durch länger dauernde, wiederholte Untersuchung als solche erwiesen und sodann durch sachverständige Fassung von den Einflüssen und Zuflüssen der oberen Erdschichten befreit werden. So haben, soweit meine Angaben reichen, die Wasserwerke in Dresden Quellen, wahrscheinlich auch Cöln a./R. Leichter wird es allerdings, wenn man laufende Quellen und wo möglich mit Höhenlage anwenden kann. Reicht die Wassermenge bei grossem Bedürfniss für alle, auch gewerbliche Anforderungen nicht aus, dann ist eine doppelte Leitung für Genuss und Gewerbe angezeigt, um dennoch die reinste Nahrung örtlich zu bieten, wie es jetzt z. B. in Frankfurt a./M. eingeführt werden soll.

Von grösster Bedeutung ist aber bei der Prüfung des Trinkwassers die Züchtung der Keime darin auf Nährgelatine. Ich verwende dazu die Gelatine nach Koch mit Fleischsaft und Pepton bereitet und gebe in etwa 10 C.C. Gelatine in schräger Lage des Reagensglases 3—4 Tropfen des zu prüfenden Wassers unter möglichst rascher Entnahme und sorgfältigstem Schlusse durch sterilisirte Baumwolle.

Wasser der hiesigen Leitung von einer starken Quelle der Kalkformation, nach längerem Oeffnen des Hahnes erst entnommen, ergab selbst nach 3—4 Wochen gar keine Keimentwickelung, Grund- wie Flusswasser zeigen dieselbe dagegen stets reichlich. Das filtrirte Wasser der Elbe oder Pleisse gaben eigentlich keinen Unterschied zu erkennen, wenn auch im filtrirten Wasser vielleicht eine wenig verringerte Zahl der Mikroorganismen vorhanden zu sein schien. Die Filter halten demnach keineswegs diese Keime zurück!

Zwei erst vor Kurzem zur Untersuchung gelangte Proben von Wasser aus Pumpbrunnen, auf welche nach genauer Feststellung der betreffenden Physicatsärzte Typhusepidemieen zurückgeführt werden mussten, ergaben in 100 000 Th.:

Abdampf-rückstand	Organ. Substanz	Salpeter-säure	Chlor	Schwefel-säure	Kalk	Talkerde	Härte
345.5	2.15	9.72	6.56	161.2	75.0	23.8	108.2
			II.				
128.0	12.70	72.0	8.53	26.6	13.4	19.4	40.5
			Grenzzahlen:				
10—50	1.0	0.4	0.2—0.8	0.2—6.3			18.0

In beiden Proben wurden Spuren von Ammoniak und auch salpetrige Säure nachgewiesen. Beide stammen aus derselben kalkigen Gebirgsformation, aber aus sehr verschiedenen Orten. Die Steigerung zeigt sich bei den einzelnen Bestandtheilen sehr verschieden, bei der einen Probe weit mehr Salpetersäure oder organische Substanz u. s. w.

Die Prüfung auf Mikroorganismen nach Koch erwies aber bei beiden Wasserproben eine ganz ungewöhnliche Menge derartiger Keime; in 12—24 Stunden war die ganze Gelatine undurchsichtig und bald verflüssigt. Leider war es nicht möglich, auf weitere Einzelnheiten einzugehen.

Die Prüfung auf diese Mikroorganismen ergänzt die chemische Untersuchung in sehr erwünschter Weise und wird namentlich die Fassung der Quellen und gute Beschaffenheit der Leitung weit genauer feststellen und beurtheilen helfen. Beide Prüfungen vereint sind für jetzt völlig ausreichende Hülfsmittel, um Quellwasser als solches zu beweisen und Zuflüsse der mannigfachsten Art festzustellen.

Die Einrichtung von Wasserleitungen wird fast ohne Ausnahme dadurch veranlasst, dass in dem bewohnten Boden die Zuflüsse zu dem Brunnenwasser eine zu beanstandende Höhe erreicht haben, demnach in erster Linie ein reineres, den jetzigen Kenntnissen der Lage entsprechendes Trinkwasser erlangt werden soll. Bei so grossen und kostspieligen Anlagen wird aber gleichzeitig in das Auge gefasst, diejenigen Mengen Wasser zu schaffen, welche für die Reinhaltung der Wohnung und Kleidung, sowie für das Gewerbe gebraucht werden. Reine, nicht zu harte Quellen werden als Nahrungsmittel vorangestellt und können ebenso den weiteren Erfordernissen dienen. Allein sehr häufig stellt man jetzt umgekehrt die Massenfrage voran und die Forderung des Nahrungsmittels zurück! So wichtig auch in gesundheitlicher Beziehung die Reinhaltung der Umgebung des Menschen ist, gleich wichtig dem Bedürfniss von reiner Nahrung, so liegen doch eine solche Menge von Erfahrungen vor, welche die Beschaffung eines reinen Trinkwassers als unentbehrlich beweisen, dass man die Forderungen nie unterordnen, sondern stets gleichstellen sollte. Ist es nicht möglich, reines Quellwasser in für alle Fälle nöthiger Menge zu schaffen, so würde die doppelte Leitung von Trinkwasser und Wasser für gewerbliche Zwecke zu verfolgen sein, keineswegs aber die Beschaffung reinster Nahrung zu vernachlässigen.

Die mannigfachen Verunreinigungen des öffentlich fliessenden

Wassers werden sich nur noch steigern, wenn man auch anerkennenswerth jetzt vorgeht, ungehörige Zuflüsse gewerblicher Anlagen zu verhindern. Verunreinigungen ekelhafter Art sind gar nicht fern zu halten, und wer einmal der Frage ernstlich näher getreten ist und Leitungen von reinem Quellwasser kennen lernte, sehr häufig selbst für alle Fälle in ausreichender Menge geboten, wird sich alsbald überzeugen, dass hier allein der Frage der Zeit abschliessend Rechnung getragen wurde.

Bei dem Grundwasser tritt sehr leicht der Fall ein, dass bei längerem und stärkerem Gebrauche andere, entferntere Erdschichten in Anspruch genommen werden, welche Humus, oder Eisensalze, meist beide vereint, in solcher Menge liefern, dass das Wasser sogar für gewerbliche Zwecke unbrauchbar wird.

Dass man aber als Grundwasser oft Quellwasser bezeichnet, wurde schon früher hervorgehoben; in letzterem Falle sind die Quellen aufzusuchen und so zu fassen, dass das Grundwasser möglichst ausgeschlossen bleibe. Das Quellwasser besitzt gleichbleibende Mischung und Wärme, entspricht dem Gebirge oder der Formation, der es entspringt und nur dieses ist als geeignetes Nahrungsmittel zu bezeichnen! Die heutige Gesundheitspflege muss vor Allem darauf hinausgehen, Nahrung zu suchen und zu schaffen, welche frei ist von dem Einwurfe der Verunreinigung, da die wissenschaftlichen Forschungen mehr und mehr zu grösster Vorsicht ermahnen!

2) Darauf sprach Herr Piltz

Ueber zahlentheoretische Interferenzerscheinungen.

Der Vortragende suchte eine Vorstellung zu geben von einem Princip, welches er mit Erfolg zur Erklärung vielfacher bisher noch unverstandener oder auch noch unbekannter periodischer Erscheinungen in der Zahlenwelt gebraucht hat. So beobachtet man z. B., wenn man die Zahlenreihe 1, 2, 3, 4 . . durchgeht, dass unter den Zahlen die Primzahlen abwechselnd bald mehr bald weniger dicht eingestreut vorkommen. Gauss hat über diese Erscheinung, sowie über andere Erscheinungen, die die Klassenanzahlen quadratischer Formen betreffen, empirische Beobachtungen angestellt, ohne eine Theorie aufzufinden. Erst Riemann hat in seiner Abhandlung „Ueber die Anzahl der Primzahlen bis zu einer gewissen Grösse“ einen ersten Beitrag zur Erkenntniss dieser Periodicitäten geliefert. Doch ist die Riemann'sche Me-

thode nicht auf alle Probleme anwendbar und lässt auch da, wo sie anwendbar ist, mancherlei Lücken übrig (beispielsweise den Beweis der Riemann'schen Vermuthung über die Nullstellen der von ihm verwendeten Funktion $\zeta(s)$).

Das Erklärungsprincip nun, um das es sich handelt, fällt in gewisser Hinsicht zusammen mit dem Princip, durch das sich die optischen (und andre) Interferenzerscheinungen erklären. Ebenso nämlich, wie man diesen physikalischen Erscheinungen gewisse Elementarursachen zu Grunde legt, die sich wegen ihres periodischen Charakters theils gegenseitig verstärken, theils annulliren, theils auch zu einer mittlern Wirkung ergänzen können, so ist diese Erklärung auch für die zahlentheoretischen Erscheinungen möglich. Beispielsweise findet man leicht, dass die Zahlen, die nur wenig kleiner sind als eine Quadratzahl n^2 oder eine Zahl von der Form $n(n+1)$, durchschnittlich mehr Divisoren besitzen, als andere Zahlen, weil in den genannten Gegenden die Faktoren $n, n-1, n+1, \ldots$ sich besonders stark anhäufen, während die von n wesentlich verschiedenen Faktoren sich auf Intervalle von der ungefähren Grösse n in der Gegend von n^2 durchschnittlich gleichmässiger vertheilen. Man kann aber ausserdem die Zahlen auch auf vielfache andre Weise in Intervalle eintheilen, und für die durchschnittliche Vertheilung der Faktoren auf diese Intervalle sind dann in ähnlicher Weise jedesmal die Faktoren einer andern Gegend ausschlaggebend.

Was einige Resultate betrifft, die sich aus der systematischen Verarbeitung dieser Idee speciell für die Vertheilung der Primzahlen ergeben, so bezog sich der Vortragende auf die vorläufige Angabe solcher ohne Beweis in seiner Habilitationsschrift: Ueber die Vertheilung der Primzahlen etc.", Jena 1884, S. 46. Die scheinbare Verwicklung in der Primzahlvertheilung löst sich bei genauerem Zusehen in ein System von Gesetzen auf, die sich auf die mannigfaltigste Weise gegenseitig ergänzen. Während so einerseits das Resultat der Riemann'schen Untersuchung seine Vervollständigung findet, lassen sich andrerseits auch die verschiedenen in diese Kategorie gehörenden Vermuthungen von Gauss betreffend die Klassenanzahlen der quadratischen Formen näher präcisiren und beweisen, ausserdem auch unzählige andre Gesetze auffinden.

Ausführlichere Publication ist in Vorbereitung.

Anhang

zu den Sitzungsberichten für 1884.

Sitzung vom 25. Juli 1884.

Mittheilung über die Schilddrüse und Thymus der Knochenfische.

Von

Dr. Fr. Maurer,

Assistent am anatomischen Institut in Heidelberg.

Am 25. Juli vorigen Jahres hielt ich in der medic. naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena einen Vortrag über die Schilddrüse und Thymus der Knochenfische. Die Untersuchungen über diese beiden Organe wurden in Jena begonnen und im Laufe des letzten Winters in Heidelberg fortgesetzt und zum Abschluss gebracht. Im Nachfolgenden erlaube ich mir einstweilen kurz die Resultate derselben vorzulegen.

Die betreffenden Organe sind ihrer Entwicklung und ihrem Bau nach bei niederen Wirbelthieren noch sehr wenig gekannt, und forderten die neueren Arbeiten, die an Säugethieren angestellt wurden, speziell der durch Kölliker (Entwicklungsgeschichte des Menschen etc. II. Aufl. pag. 875) geführte Nachweis, dass die Thymus ein epithelial angelegtes Organ darstellt, ebenso wie die von Born[1]), Stieda[2]) und Wölfler[3]) beschriebene paarige An-

---

[1]) Born, Über die Derivate der embryonalen Schlundbogen (Archiv für mikr. Anat. XXII. 1883).

[2]) Stieda, Untersuchungen über die Entwicklung der glandula thymus, thyreoidea und carotica. Leipzig 1881.

[3]) Wölfler, Über die Entwicklung der Schilddrüse. Berlin 1880.

lage der Schilddrüse, dazu auf, das Verhalten dieser Gebilde bei den niederen Wirbelthieren zu erforschen, zumal da durch letztgenannte Abhandlungen die Anschauung über die Bedeutung der Schilddrüse, wie sie von W. MÜLLER[1]) gegeben wurde, erschüttert worden ist.

Ich wählte die Knochenfische zur Bearbeitung, da gerade von ihnen über die Entwicklung beider Organe noch nichts bekannt ist. Die Lage der Organe bei ausgewachsenen Teleostiern wurde schon von LEYDIG[2]) und STANNIUS[3]) beschrieben, doch ist über den feineren Bau neuerdings nichts bekannt geworden.

Bei Selachiern hat DOHRN[4]) die Entwicklung der Thymus beschrieben. —

Die Untersuchungen über die Schilddrüse und Thymus der Teleostier stellte ich an einer vollständigen Entwicklungsserie der Forelle an; selbstverständlich wurden viele andere Knochenfische zur Vergleichung zugezogen (z. B. Esox lucius, Anguilla vulgaris, Gasterosteus aculeatus, Cyprinus carpio, Gobio fluviatilis, Rhodeus amarus u. a.).

Die Präparation bestand in der Herstellung von Schnittserien durch ganze Köpfe, die theils in querer, theils sagittaler und horizontaler Richtung gefertigt wurden. Auch wurde die Präparation mit Pincette und Scalpell nicht vernachlässigt.

I. Die Glandula thyreoidea der Teleostier.

Bei der Forelle, welche sich im Winter sehr langsam entwickelt, sodass erst 6 Wochen nach dem Streichen der Eier die Fischchen ausschlüpfen, legt sich die Schilddrüse am 26. Tage an, in Form einer medianen unpaaren Ausbuchtung des ventralen Schlundepithels, gerade vor der vorderen Theilung des s-förmigen Herzschlauchs. Diese erste Anlage steht in keiner Beziehung zur

---

[1]) W. MÜLLER, Über die Entwicklung der Schilddrüse, Jenaische Zeitschr. Bd. VI, sowie über die Hypobranchialrinne der Tunicaten und deren Vorhandensein bei Amphioxus und Cyclostomen, Jenaische Zeitschr. VII.

[2]) LEYDIG, Anatomisch-histologische Untersuchungen über Fische und Reptilien. Berlin 1853.

[3]) STANNIUS, Handbuch der Anatomie der Wirbelthiere 1. Buch, die Fische. Berlin 1854.

[4]) A. DOHRN, Studien zur Urgeschichte des Wirbelthierkörpers VI. (Mittheilungen aus der zoologischen Station zu Neapel Band V, Heft 1.)

Bildung der Kiemenspalten. Sie ist von mehrschichtigem cubischem Epithel ausgekleidet, welches in das Epithel der Schlundhöhle direct übergeht. Der Längsdurchmesser dieser Ausbuchtung übertrifft den queren nicht, sodass das Gebilde nicht eine Rinne, sondern einen hohlen Zapfen darstellt. Derselbe ist von der Wandung des Kiemenarterienstammes, in dessen Gabel er hineinragt, durch eine starke Bindegewebslage getrennt, und deutet nichts darauf hin, dass hier das Epithel fester am Gefässstamm hafte, als an anderen Stellen und deshalb hier in die Tiefe gezogen würde. Diese mechanische Erklärung für die Entstehung der Schilddrüse (W. Müller) dürfte somit fallen zu lassen sein. Bis zum 30. Tage setzt sich der erwähnte hohle Zapfen schärfer von seinem Mutterboden ab, wird halbkugelig; sein Lumen communicirt noch frei mit der Schlundhöhle. Am 32. Tage ist das Gebilde kugelig geworden und hängt nur noch durch einen soliden Stiel mit dem centralen Schlundepithel zusammen, von dem es sich bis zum 35. Tage ganz abgelöst hat. Es lagert dann als kugeliges, geschlossenes Bläschen von 0,04 mm Durchmesser, das von einschichtigem cubischem Epithel ausgekleidet ist, in der vordersten Theilungsgabel des Kiemenarterienstammes. In Folge der nun eintretenden Ausbildung des gesammten Zungenbein-Kiemenapparates und der Arterien für die wahren Kiemenbogen, rückt das genannte Bläschen etwas nach hinten und ventralwärts und streckt sich zugleich in die Länge. Dann tritt in seinem Lumen eine stark lichtbrechende Substanz (Colloid) auf (41. Tag). Es hat eine Länge von 0,06 mm und eine Dicke von 0,03 mm und liegt nicht mehr in der vordersten Theilungsgabel der Kiemenarterie, sondern lagert diesem Gefässstamme ventral an. Weder zu gleicher Zeit mit der Bildung dieses Gebildes, noch später konnte ich ähnliche Abschnürungen weiter hinten median oder paarig von Kiemenspalten ausgehend beobachten, obgleich ich genau darauf achtete. Das geschilderte einzige primäre Schilddrüsenbläschen beginnt nun Knospen zu treiben, welche sich sehr rasch von ihm abschnüren und als ebensolche geschlossene mit colloider Substanz gefüllte Gebilde theils ventral vom Kiemenarterienstamm liegen, theils seitlich das Gefäss umranken, sodass sie seitlich und schliesslich dorsal von ihm lagern. Lange Zeit hält die Sprossung der Schilddrüse mit dem Längenwachsthum des Kiemenarterienstammes gleichen Schritt, sodass das Organ als compacte Drüsenmasse dem Gefässe dicht anliegt und zwar in der Ausdehnung von dem Abgang der Arterie zum 4. Kiemenbogen bis zur Endtheilung in die Arterien

für die ersten Kiemenbogen. Von der ventral gelegenen Hauptmasse, erstrecken sich zungenförmige Fortsätze nach oben, seitlich um den genannten Gefässstamm herum; dies findet sich besonders in den Gefässgabeln, welche durch den Abgang der Arterien zu den einzelnen Kiemenbogen gebildet werden. So zeigt sich die Thyreoidea bei Forellen von 3 cm bis zu 20 cm Körperlänge. Später wird das Wachsthum des Organes ein geringeres, und es zerfällt in viele unregelmässige, dem Kiemenarterienstamme anliegende Knötchen. Man kann dann leicht paarige Knötchen herausnehmen; diese stellen aber nur einen kleinen Theil des Organes dar, es finden sich viele solche Drüsenpackete, die theils paarige, theils unpaare Lagerung einnehmen.

Dieselben sind von bindegewebiger Kapsel umgeben und setzen sich zusammen aus Bläschen, welche von einschichtigem cubischem Epithel ausgekleidet, mit Flüssigkeit oder colloider Substanz erfüllt sind. Jedes Bläschen ist von einem feinmaschigen Blutcapillarnetz umsponnen.

Bei ganz alten Fischen (speziell beim Karpfen ist dies sehr deutlich ausgesprochen) werden die Schilddrüsenacini dadurch verändert, dass die sie auskleidenden Epithelzellen quellen und das Lumen des Bläschens, dessen Inhalt verflüssigt ist, ausfüllen. Von der bindegewebigen Kapsel her dringen dann lymphoide Zellen ein, wodurch unter völligem Zerfall der drüsigepithelialen Elemente ein lymphoides Knötchen entsteht. Hierin sind Anklänge an Veränderungen der Schilddrüse, wie sie bei anuren Amphibien sich finden, gegeben.

Nach den geschilderten Befunden an Knochenfischen entsteht die Schilddrüse ausschliesslich aus einer unpaaren medianen Ausstülpung des ventralen Schlundepithels vor der vorderen Theilung des s-förmig gekrümmten Herzschlauches, und ist somit die seither angenommene, von W. Müller an Cyclostomen nachgewiesene Homologie mit der Hypobranchialrinne aufrecht zu halten. Es kann dabei nicht genug betont werden, dass bei Petromyzonten die Rückbildung eines als Schleimdrüse noch fungirenden Organes zur Schilddrüse mit der Metamorphose der Ammocoetesform zu Petromyzon nachgewiesen ist. Es bleiben später nur abgeschnürte Epithelblasen übrig. Wenn bei Säugethieren eine paarige Anlage vorkommt, so sind dies secundäre Verhältnisse, die auf die stammesgeschichtliche Bedeutung des Organes keinen Einfluss haben können. Die niederen Wirbelthiere geben in ihren einfachen Verhältnissen auf diese Fragen leichter Aufschluss, als die Säuge-

thiere, bei welchen die hinfälligen Kiemenspalten in ihren Beziehungen zu anderen Organen starke Complicationen zeigen.

II. Die Thymus der Teleostier.

Die Thymus tritt bei der Forelle ontogenetisch viel später auf als die Schilddrüse (etwa am 50. Tage nach dem Streichen der Eier). Sie hat keine einheitliche Anlage, sondern entwickelt sich aus stets soliden Epithelwucherungen der dorsalen Enden der Kiemenspalten. Es finden sich jederseits 4 Epithelknospen, welche frühzeitig verschmelzen (63ter Tag), ohne sich von ihrem Mutterboden abzuschnüren. Das Organ lagert dann als langer spindelförmiger Körper lateral von der Ansatzstelle der dorsalen Schenkel der Kiemenbogen an die Schädelbasis (77ter Tag). Später fällt der Schwerpunkt des Wachsthums an das hintere Drittel des Organs, während die vorderen Theile sich früh rückbilden. Es liegt dann die Thymus hinter der Ansatzstelle des 4. Kiemenbogens an die Schädelbasis genau an der Stelle, die Stannius und Leydig angeben (4—5 Monate alte Forelle von 3—4 cm Körperlänge). Sie haftet immer noch fest an der sie überziehenden Schleimhaut, ist nur mit ihrem Ueberzuge ohne Verletzung herauszupräpariren. Am mächtigsten ist sie bei halbwüchsigen Forellen (von 20—25 cm Körperlänge). Später zerfällt sie bald einer regressiven Metamorphose. Bei Esox lucius, Leuciscus, Cottus gobio, Zoarces vivipara und Gasterosteus aculeatus verhält sich die Thymus in ihrer Lagerung gerade wie bei der Forelle, während bei Cyprinus carpio und Rhodeus amarus nicht das hintere, sondern das mittlere Drittel des lateral von den Ansatzstellen der oberen Kiemenbogenschenkeln an die Schädelbasis lagernden Thymuswulstes stärker wuchert, so dass hier dies Organ lateral vom Gehörorgan, nicht hinter demselben liegt. Es erstreckt sich als solider Zapfen nach oben. Bei alten Bitterlingen zeigt sich die Thymus zu einem ganz dünnen soliden Zellstrang rückgebildet, der immer noch mit dem Epithel der Kiemenhöhle zusammenhängt. Mit der Pseudobranchie und Kopfniere ist die Thymus entgegen meiner früheren Angabe (Beitrag zur Kenntniss der Pseudobranchien der Knochenfische) nicht zu verwechseln. Das Organ entging damals meiner Beobachtung, weil ich die epitheliale Verdickung nicht als Thymus betrachtete, letztere vielmehr von ihrem Mutterboden abgeschnürt suchte.

Histologisch verhält sich die Thymus der Forelle folgendermassen: Die ersten Knospen der dorsalen Kiemenspaltenenden bestehen aus Epithelzellen, welche direct in das Kiemenspaltenepithel

übergehen. Sie werden durch eine deutliche membrana propria ebenso wie das Epithel der Umgebung scharf vom unterliegenden Bindegewebe abgegrenzt.

An diesen Knospen verändern sich die wuchernden Zellen sehr rasch derart, dass ihre Grenzen undeutlich werden; die Kerne werden kleiner, färben sich intensiver mit Carmin, kurz nehmen ein lymphoides Aussehen an. Dadurch aber, dass sie ganz gleichartig sind, dass sie direct in die Kiemenspaltenepithelzellen übergehen und durch eine membrana propria vom umgebenden Bindegewebe getrennt sind, documentiren sie sich als Epithelzellen, die nur in Folge starker Wucherung ihren epithelialen Charakter eingebüsst haben.

Wenn die Knospen mit einander verschmolzen sind, beginnen von dem unterliegenden Bindegewebe aus Elemente des mittleren Keimblattes einzuwuchern, allein in so geringem Masse, dass ihnen nur die Bedeutung als Stützgewebe zugeschrieben werden darf. Nur an den Stellen, wo dies Gewebe eintritt, wird die Membran, welche die Thymuswucherung begrenzt, durchbrochen. Die Hauptmasse des Organes besteht noch aus gleichartigen Zellen, welche directe Derivate der ersten Epithelwucherung sind.

Es beweist sich dies am schlagendsten bei Vergleichung mit etwas älteren Stadien. Bei 3—4 Monate alten Forellen beginnen die beschriebenen Thymuszellen in ihren epithelialen Charakter zurückzufallen, ihre Proliferationsfähigkeit erschöpft sich. Um diese Zeit wuchern von der Kapsel her lymphoide Zellen in grosser Masse längs den Blutgefässen und Bindegewebszügen ein und breiten sich in einer mittleren Zone der Thymus aus, wo sie Lymphfollikel hervorgehen lassen.

Dies bildet sich bei Forellen bis zu Exemplaren von 20 cm Körperlänge weiter aus. Dann stellt die Thymus ein linsenförmiges Knötchen dar, welches eine Fläche frei nach der Kiemenhöhle sehen lässt, während die andere vom unterliegenden Bindegewebe einen Ueberzug erhält. Von letzterem setzt sich die Thymus scharf ab durch eine membrana propria, die in die gleiche Membran des an das Organ grenzenden Epithels übergeht. An vielen Stellen wird diese Membran von eintretenden Bindegewebszügen und Blutgefässen durchbrochen. Die tiefste Schicht der Thymus besteht zum grössten Theil aus veränderten Epithelzellen. Sie wird von Bindegewebszügen und Blutgefässen durchsetzt, die zur nächsten Thymusschicht treten und sich durch ihren Reichthum an lymphoiden Zellen auszeichnen. Die Epithelzellen die, wie gesagt, die Hauptmasse dieser Schicht ausmachen und Elemente der ersten

Thymusanlage darstellen, sind im Beginne einer regressiven Metamorphose. Es sind grosse Zellen mit deutlicher Zellgrenze. Der Protoplasmakörper ist getrübt und zeigt leichte concentrische Streifung. Der Zellkern ist sehr gross, kugelig und färbt sich mit Carmin sehr blass. Diese Zellen lagern entweder direct aneinander, oder bilden concentrische Körper, indem sie sich wie bei Cancroidkugeln umeinander gruppiren. Sehr viele dieser Zellen liegen auch vereinzelt, indem sie durch Bindegewebszüge voneinander getrennt sind. Dies zeigt sich besonders nach der Mitte des Organes zu, wo wir die intermediäre Follikelzone treffen. Diese setzt sich aus verschieden grossen, im allgemeinen kugeligen Lymphfollikeln zusammen, die durch Bindegewebszüge von einander getrennt sind. Sie hängen durch ebensolche sowie durch Blutgefässe mit dem unterliegenden Bindegewebe zusammen. In letzterem sind Massen von indifferenten lymphoiden Zellen eingelagert, ebenso sind die Lymphscheiden der in der Thymus verlaufenden Blutgefässe strotzend mit den gleichen Gebilden gefüllt. Sieht man ein solches Gefäss im Querschnitt, so täuscht es einen concentrischen Körper vor, an Längsschnitten löst sich dieser Irrthum leicht, da man dann die langen Gefässröhren erkennt. Das Gefässendothel zeigt dabei keinerlei Wucherungserscheinungen.

Die Lymphfollikel sind nach der freien Oberfläche der Thymus zu nicht scharf abgegrenzt, sondern ihre Elemente finden sich zwischen den Zellen des überziehenden Epithels bis zur freien Oberfläche eingestreut. So geht also die mittlere Follikelschicht allmählich in die oberflächliche Thymusschicht über. Letztere wird dargestellt vom überziehenden mehrschichtigen platten Epithel, das an der Grenze des Thymus in die obersten Schichten des Kiemenhöhlenepithels übergeht. Sie ist entwicklungsgeschichtlich als ein Theil der Thymus selbst aufzufassen, sodass dieses Organ sich also nicht von seinem Mutterboden abgeschnürt hat. Es liegt darin ein Gegensatz zu dem Verhalten der Thymus bei Selachiern, wie es von Dohrn beschrieben ist. Man kann an der Thymus drei Zonen unterscheiden: Zwei Epithelzonen, eine tiefe und eine oberflächliche, zwischen diese schiebt sich eine intermediäre bindegewebige Follikelzone ein. Der Bau der in letzterer enthaltenen Follikel entspricht ganz demjenigen der anderen wahren Darmfollikel, wie sie sich im Intestinaltractus der Wirbelthiere finden. Nur ist als sehr wesentlicher Unterschied festzuhalten: dass die Thymusfollikel bei Knochenfischen innerhalb des Epithels liegen.

Sie bestehen aus einem sehr feinen reticulären Bindegewebe, in dessen Maschen sehr dicht gehäufte Kerne lagern. Letztere sind kugelig, färben sich mit Carmin sehr intensiv. Zellgrenzen sind nicht zu erkennen. Diese Kerne erhalten sich nicht lange unverändert, sondern verfallen sehr frühzeitig einer charakteristischen Rückbildung. Sie theilen sich nämlich in zwei oder zerfallen in viele Körnchen, bis zu fast punktförmigen Gebilden, die sich mit Carmin ganz homogen intensiv färben. Man findet diese Gebilde in den verschiedensten Grössen im Gesichtsfeld. Doch trifft man sie nur in den Follikeln und zwischen den Zellen des epithelialen Thymusüberzuges. Sie fehlen in den Lymphscheiden der Blutgefässe, sowie zwischen den Lamellen der unterliegenden Bindegewebsschichten, die indessen sehr reichlich von normalen Lymphzellen durchsetzt sind. Es deutet dies darauf hin, dass die letzteren Gebilde in die Thymus hineingeführt werden, da doch sicher der Zerfall der Zellen erst an ihrem Bestimmungsort stattfindet.

Mit dem Beginn dieses Zerfalls der Follikelzellen ist der Anstoss zur Rückbildung der Thymus überhaupt gegeben. Indem die kleinsten Körnchen auf Kosten der Follikelzellkerne zunehmen, sammeln sie sich im Centrum des Follikels an und füllen eine unter Einschmelzung des reticulären Bindegewebes entstandene centrale Erweichungshöhle an. Die Körnchen verlieren dann ihre Tinctionsfähigkeit und stellen einen feinen Detritus dar. Allmählich fliessen unter Weitergreifen des Prozesses die Höhlen benachbarter Follikel zusammen, sodass die Thymus eine unregelmässige buchtige Höhle in ihrem Lumen enthält, welche mit feinkörnigem Detritus erfüllt ist. In der Folge schwindet unter Resorption dieser Masse das Organ völlig, sodass bei ganz ausgewachsenen Knochenfischen nichts mehr davon nachzuweisen ist.

Aus dem geschilderten Entwicklungsmodus und dem späteren histologischen Verhalten ergibt sich, dass die Thymus der Knochenfische niemals eine Drüse ist, da sie keinerlei Ausführgang oder Lumen besitzt. Die spätere Höhle ist als pathologische Cavernenbildung aufzufassen.

Die zähe Erhaltung des Organes bis zu den höchsten Wirbelthieren lässt darauf schliessen, dass ihm eine sehr wichtige, stammesgeschichtliche Bedeutung zukommt, die wir bei Knochenfischen nicht mehr eruiren können. Hier zeigt dies Gebilde Veränderungen, die in das Gebiet der pathologischen Anatomie fallen. Dies spricht sich darin aus, dass die ursprünglich epitheliale Wuche-

rung unter Degeneration ihrer Elemente einer bindegewebigen Platz macht, die indessen auch mit dem Alter des Thieres einer völligen Rückbildung verfällt. Genaueres über diese Fragen bleibt in einer ausführlicheren Arbeit zu besprechen. —

Heidelberg, März 1885.

Zur Kenntniss der Serumfarbstoffe.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

(Aus dem chemisch-physiologischen Laboratorium der Universität Jena.)

(**Hierzu Tafel I**).

Die Anschauung, dass das Hämoglobin der verbrauchten rothen Blutkörperchen extra- oder intracellular unter Bildung von Bilirubin oder von Hydrobilirubin zerfalle, welche Producte alsdann durch Leber oder Nieren ausgeschieden, zuvor also vom Blute transportirt werden, gab ebenso wie die Auffassung, dass das von den Nieren ausgeschiedene Hydrobilirubin zum grössten Theile nur das vom Darmtractus aus resorbirte ist, mehrfach Veranlassung, nach gut charakterisirten Serumfarbstoffen zu suchen. Zu den Untersuchungen wählte man solche Sera aus, welche durch eine intensivere Färbung anzudeuten schienen, dass sich in diesen Fällen die Spaltungsproducte des Hämoglobins reichlicher im Blutplasma anhäufen und, indem sie nicht so rasch und so vollständig von den Excretionsorganen aufgenommen werden, darin vielleicht auch länger verharren, als bei den Thieren, deren Blutserum weit schwächer tingirt, ja nahezu farblos (z. B. beim Kaninchen) ist.

Am Pferdeblutserum gelang es dann auch *Hammarsten* [1]), bei Fällung des Paraglobulins durch Essigsäure aus dem Serum einen Farbstoff mit niederzuschlagen, welcher sich dem lufttrocknen, gelbgefärbten Paraglobulinpulver durch Auskochen mit Chloroform entziehen liess. Dieser durch Verdunsten der Chloroformlösung krystallisirt erhaltene Farbstoffkörper gab eine schöne und ganz

---

[1]) *O. Hammarsten*, Ueber das Vorkommen von Gallenfarbstoff in dem Blutserum. Autoreferat in *Maly's* Jahresb. über die Fortschritte der Thierchemie. Bd. 8. Ueber das Jahr 1878. S. 129 u. 130.

typische *Gmelin*'sche Reaction, mit Brom eine schön grüngefärbte Lösung, wurde von Alkohol aus der Chloroformlösung mit orangerother Farbe gefällt, durch verdünnte Natronlauge der Chloroformlösung entzogen, erwies sich als kaum löslich in Aether und zeigte, in Lösung befindlich, keinen Absorptionsstreifen im Spectrum: eine Thatsache, die schon früher von *R. Přibram* [1]) festgestellt und dahin präcisirt war, dass in einer 4.5 ctm. dicken Schicht des Pferdeblutserums die Absorption schon bei E beginnt und schon in der Nähe von b ihr Maximum erreicht, indem von da an der ganze Theil des Spectrums fast vollständig ausgelöscht erscheint. Durch diese Reactionen war der Farbstoff als Bilirubin erkannt, dessen typisches Aussehen auch die erhaltenen Krystalle darboten. *Hammarsten* betrachtet das Bilirubin als einen physiologischen, quantitativ doch sehr wechselnden Bestandtheil des Pferdeblutserums; in dem Serum von Menschen- und Rindsblut konnte er dagegen den Farbstoff nicht nachweisen. *Alexander Schmidt* [2]) hatte s. Zt. geglaubt, dass der gelbe Farbstoff des Pferdeblutserums sowohl spectroskopisch (allerdings nur beurtheilt nach der Endabsorption am blauen Ende des Spectrums), wie auch durch die katalysirende Wirkung auf Wasserstoffsuperoxyd, wobei derselbe eine vollkommene Oxydation erleidet, mit dem gelben Körper übereinstimme, welcher durch Oxydation des Pferdehämoglobins in concentrirter Natronlauge erhalten werde. „Der gelbe Farbstoff des Blutserums", sagt *A. Schmidt* [3]), „weist darauf hin, dass die Entstehung dieser Substanz im Organismus auf der vereinigten Wirkung des Blutalkalis und des erregten Sauerstoffes beruht, in der Weise, dass durch Ersteres eine beständige partielle Zersetzung des Hämatoglobulins bewirkt wird, während durch Letzteren das dabei entstehende Hämatin zu jenem gelben Farbstoffe verbrannt wird und als solcher eine gewisse Beständigkeit besitzt."

Abgesehen von einem einfachen Uebertritt des Leberbilirubins in's Blut, scheint sich im Blutplasma des erwachsenen Menschen Bilirubin nur noch bei hämatogenem oder, wie *Quincke* will, bei anhepatogenem Icterus, also ebenfalls nur unter pathologischen

---

[1]) *R. Přibram*, Eine neue Methode z. Bestimmung des Kalkes u. der Phosphorsäure im Blutserum. Ber. über die Verhandl. der k. sächsischen Ges. der Wiss. zu Leipzig. Math.-physische Classe. 1871. S. 280. Anm. 1.

[2]) *Alex. Schmidt*, Hämatologische Studien. Dorpat. 1865. S. 73.

[3]) *Alex. Schmidt*, ibid. S. 78.

Verhältnissen, vorzufinden; indess ist es ebenso zweifelhaft, dass nicht auch in diesen Fällen, wie z. B. *Afanassiew* [1]) vermuthet, das Bilirubin stets der Leber entstammt, als dass das Leberbilirubin ein Zersetzungsproduct des Hämoglobins, und nicht vielmehr, worauf kürzlich *Nencki* [2]) hinwies, unfertiges Hämoglobin ist. Bei Neugeborenen findet man dagegen, wie zuerst *Chevreul* [3]) bemerkte, entsprechend der Ausbildung des Icterus neonatorum, vom zweiten Tage bis zu Ende der ersten Woche nach der Geburt, im Blute wohl ganz regelmässig Bilirubin vor, welches sich hier nach *Buhl* und *E. Neumann* [4]) unter pathologischen Verhältnissen (bei Respirationsstörungen) so reichlich im Blute ansammeln kann, dass es sich einige Stunden oder Tage nach eingetretenem Tode aus dem Blute in nadelförmigen Krystallen abscheidet.

Ein weiteres Derivat der Gallenfarbstoffe will man indess als färbenden Bestandtheil des Blutserums auch bei Thieren nachgewiesen haben. So gelangte *Mac Munn* [5]) bei der spectroskopischen Untersuchung frischen Hammelblutserums zu dem Schlusse, dass dieses Choletelin oder einen dem Choletelin ähnlichen Farbstoff, aber kein Lipochrom enthalte. Das Serum zeigte ihm neben den beiden Oxyhämoglobinstreifen ein breites Band vor F, diese Linie nur um Weniges nach dem blauen Ende des Spectrums überragend. Auf Zusatz von Chlorzink und Natronlauge erschien das Absorptionsband in der vom Niederschlage abfiltrirten Farbstofflösung verbreitert und um Weniges nach dem Blau hin verschoben, reine Natronlauge wie Ammoniak dagegen machten den

---

[1]) *A. Afanassiew*, Zeitschr. f. klin. Medicin. Bd. 6. 1883. S. 314.

[2]) *M. Nencki* u. *N. Sieber*, Untersuchungen über den Blutfarbstoff. Ber. d. d. chem. Ges. Jahrg. 17. 1884. S. 2275.

[3]) *Chevreul*, Mém. sur plusieurs points de chimie organique, et considérations sur la nature du sang. Journal de physiologie de *Magendie*. T. IV. 1824. p. 126.

[4]) *E. Neumann*, Eine Beobachtung über spontane Abscheidung von Bilirubinkrystallen aus dem Blute und den Geweben. *E. Wagner's* Archiv der Heilkunde. Jahrg. 8. 1867. S. 170—173.

E. Neumann, Ueber das häufige Vorkommen von Bilirubinkrystallen im Blute der Neugeborenen u. todtfauler Früchte. Ibid., Jahrg. 9. 1868. S. 40—48.

[5]) *C. A. Mac Munn*, Researches into the Colouring-matters of Human Urine, with an Account of their Artificial Production from Bilirubin, and from Haematin. Proceed. of the r. Soc. of London. Vol. 31. 1881. No. 208. p. 231—232 u. Chart 4, Spectr. 11.

Streifen verschwinden. *Mac Munn* [1]) hält hiernach den gelben Farbstoff des Hammelblutserums für ein Oxydationsproduct der Gallenfarbstoffe und mithin auch (in Uebereinstimmung mit *A. Schmidt*) für ein Hämoglobinderivat.

Obschon seit den Angaben von *Jones* [2]) bekannt ist, dass das Blutserum einiger Wirbelthiere (z. B. Emys reticulata, E. serrata, Cathartes atratus) selbst eine tief goldgelbe Farbe besitzt, so wurde ausser dem menschlichen und dem Pferdeblutserum bislang doch nur noch das Ochsenblutserum auf die Natur seines gelben Pigmentes genauer geprüft. Nach *Milne-Edwards* [3]) hat im Jahre 1835 *Martial Samson* in einer, an der École de pharmacie vertheidigten These, welche den Titel: „Études sur les matières colorantes du sang" trug, eine grosse Anzahl an Ochsenblut ausgeführter Versuchsreihen mitgetheilt und an diesem vier gefärbte Substanzen unterschieden, von denen eine gelbe als diejenige bezeichnet wird, welche dem Serum seine eigenthümliche Farbe verleiht, und welche sich in Wasser, Alkohol, Aether wie Fett lösen, in der Kälte weder von concentrirten Säuren noch von Alkalien verändert, durch Chlor indess gebleicht werden soll. *Denis* [4]) erklärte diese Substanz auf Grund ihrer Reactionen für Gallenfarbstoff, und *Alex. Schmidt* [5]) hegte in Betreff des Farbstoffes im Rinderblutserum dieselbe Ansicht, welche er für den Serumfarbstoff des Pferdeblutes specieller entwickelt hat. *Thudichum* [6]) hielt — ohne irgendwie zu bemerken, bei welchen Thieren er den Serumfarbstoff untersuchte, und in welcher Weise die Untersuchung desselben (ob am Serum direct oder an einer reineren Lösung des Farbstoffes) vorgenommen wurde — das gelbe Pigment des Blutserums ganz allgemein für Luteïn, d. i. für ein Lipochrom,

---

[1]) *C. A. Mac Munn*, Studies in Animal Chromatology. Proceed. of the Birmingham Philosoph. Soc. Vol. 3. 1883. p. 365.

[2]) *J. Jones*, Investigations, chemical and physiological, relative to certain american Vertebrata. Smithsonian contributions to knowledge. Washington 1856. Vol. III. p. 13—16.

[3]) *H. Milne-Edwards*, Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux. T. I. Paris 1857. p. 183, note 2.

[4]) *Denis*, Essai sur l'application de la chimie à l'étude du sang. 1838. p. 130.

[5]) *Alex. Schmidt*, l. c., S. 73.

[6]) *J. L. W. Thudichum*, Ueber das Luteïn u. die Spectren gelbgefärbter organischer Substanzen. Centralbl. f. d. medic. Wissensch. Jahrg. 7. 1869. S. 1—5.

weil das Spectrum desselben die 3 Luteïnbänder aufweisen soll Dieser Ansicht schloss sich auch *Hoppe-Seyler* [1]) an, welcher von dem Serumfarbstoffe (hier ist sowohl der des Rinds-, wie auch der des Pferde-, Hunde- und Menschenblutes einbegriffen) bemerkt: „Nach den Lichtabsorptionen (Absorptionsstreifen im Blau bei der Spectraluntersuchung mit directem Sonnenlicht) scheint der Farbstoff identisch mit den Farbstoffen des Eidotters und der Butter, dem Luteïn, doch ist es noch nicht gelungen, den Farbstoff darzustellen, da seine Trennung von den Fetten, ebenso von fetten Säuren, Cholestearin u. s. w. bis jetzt noch nicht ausgeführt werden konnte." *Maly* [2]) hingegen glaubte, „das Hydrobilirubin sei auf dem Wege zwischen Darm und Niere in der Blutbahn leicht nachzuweisen, wenigstens beim Ochsenblut sei das klare, in der Winterkälte von den letzten Körperchen abgetrennte Serum intensiv gelb und gebe im Spectrum Dunkelheit von 144 an (wenn Li bei 102.5; Na auf 120, Kβ bei 219.5), links scharf begrenzt, dann ein schmales blässeres Streifchen 120 bis 122 (das vielleicht von Spuren eines veränderten Blutfarbstoffes herrühren dürfte), so in einer Schicht von 1 $^1/_2$ ctm. und unverdünnt." Nach „Wasserzusatz zum Serum," fährt *Maly* fort, „ist das Blau gut zu sehen, aber zwischen Grün und Blau ist ein mässig dunkler Schatten geblieben. Das mit Chlorzink und Ammoniak versetzte Blutserum gibt deutliche Verdunklung von 146 an." Neun Jahre später äusserte sich *Maly* [3]) zwar weit weniger bestimmt über das Hydrobilirubinvorkommen im Ochsenblutserum, dessen gelbes Pigment kurz nachher von *Mac Munn* [4]) als Choletelin angesprochen wurde.

Sämmtliche Untersucher, deren Mittheilungen den Schein erregen könnten, dass es ihnen gelungen sei, ein lipochromatisches Pigment aus dem Rinderblutserum abzuscheiden, lassen uns im Ungewissen, durch welche Mittel die Isolirung des Farbstoffes aus dem Serum gelungen ist. *Preyer's* Angabe [5]), dass weder aus

---

[1]) *F. Hoppe-Seyler*, Physiologische Chemie. III. Theil. Berlin 1879. S. 434.

[2]) *R. Maly*, Unters. über die Gallenfarbstoffe. III. Abhdlg. Umwandlung von Bilirubin in Harnfarbstoff. Ann. d. Chem. u. Pharmac. Bd. 163. 1872. S. 93. Vgl. auch dessen Jahresb. über die Fortschr. der Thierchemie für das Jahr 1872. Bd. 2. S. 237.

[3]) *R. Maly*, Chemie der Verdauungssäfte u. der Verdauung. *Hermann's* Handb. der Physiologie. Bd. V. Th. II. 1881. S. 162.

[4]) *C. A. Mac Munn*, Studies in Animal Chromatology. l. c., p. 365.

[5]) *W. Preyer*, Die Blutkrystalle. Jena 1871. S. 99 Anm. 2 u. S. 190.

frischem noch aus altem Blutserum (vom Rind) durch reines Chloroform eine Farbstofflösung zu erhalten ist, vermag ich vollständig zu bestätigen und noch dahin zu erweitern, dass auch durch Benzol, Aether, Methyl-, Aethylalkohol u. dgl. m. der Farbstoff frischem Rinderblutserum nicht zu entziehen ist. Die widersprechenden Angaben von *Samson* kann ich mir nur dadurch erklären, dass hier ein abweichender Farbstoff (vielleicht Bilirubin) vorlag und aller Wahrscheinlichkeit nach die Beobachtung auch nicht an Rinds- sondern an Pferdeblut gemacht wurde, dass fernerhin auf einen Luteïngehalt des Blutserums von *Thudichum* wie von *Hoppe-Seyler* nur aus den spectroskopischen Eigenschaften des gefärbten Serums, nicht aus dem Verhalten des Farbstoffes gegenüber den lipochromatischen Lösungsmitteln oder aus den Spectraleigenthümlichkeiten reinerer Farbstofflösungen und dem Verhalten der Pigmente in fester Form gegen concentrirte Schwefelsäure und starke Salpetersäure geschlossen ist. Mit so vielen Lösungsmitteln ich frisches Rinderblutserum auch behandelte, der gelbe Farbstoff liess sich nur durch eine einzige Flüssigkeit dem Serum in erheblicherer Menge durch Ausschütteln entziehen, und zwar nur mittelst Amylalkohol, welcher bei der Extraction der Fäulnissfarbstoffe (identisch mit dem Urorubin von *Plósz,* dem Erythroproteïd der pathologischen Anatomen und wahrscheinlich auch mit dem Uroroseïn *Nencki's*) in gleicher Weise vorzügliche Dienste geleistet hatte [1]), und durch den, wie *Nencki* [2]) berichtete, auch dem Harne das Hydrobilirubin vollständig entzogen werden kann.

Durch wiederholtes Ausschütteln mit neuen Portionen von Amylalkohol ist das beim Mischen des Amylalkohols mit dem Serum entstehende Eiweisscoagulum völlig weiss zu gewinnen, während anderseits die Lösungen des Farbstoffes in Amylalkohol durch Eindampfen auf dem Wasserbade leicht concentrirter zu erhalten sind. Ist der Farbstoff dem Serum durch Amylalkohol erst einmal entzogen, so löst sich derselbe nach dem Verdunsten des Amylalkohols sofort auch in allen übrigen Flüssigkeiten, welche als lipochromatische Lösungsmittel bekannt geworden sind, und ertheilt diesen eine gelbe, bald mit einem Stich in's Grüne (z. B. Alkohol, Aether), bald eine mehr in's Orange spielende Färbung

---

[1]) Vgl. *Krukenberg*, Zur Charakteristik einiger physiologisch u. klinisch wichtigeren Farbenreactionen. Verhandl. d. physik.-med. Gesellsch. zu Würzburg. N. F. Bd. 18. No. 9. 1884. S. 185 ff.

[2]) *Nencki* u. *Sieber*, a. a. O., S. 2268.

(z. B. Chloroform); nur die Schwefelkohlenstofflösung besitzt ebenso wie bei den übrigen gelben Lipochromen eine, etwas in's Rothbraune gehende Orangefarbe. Alle diese Lösungen des Serumfarbstoffes zeigen im Spectrum die beiden Absorptionsbänder, welche speciell für die Glieder der Chlorophangruppe charakteristisch sind, welche in der alkoholischen und in der ätherischen Lösung dem blauen Ende des Spectrums am nächsten lagern, von diesem sich in Schwefelkohlenstoff gelöst am meisten entfernen, während die Lage der Bänder in der Chloroformlösung zwischen beiden Extremen die Mitte einhält. Auch im Spectrum der Chloroformlösung des Farbstoffes (Taf. I, Spectr. 4) war von einem dritten Absorptionsbande bei G, welches das Spectrum mehrerer Chlorophane besonders bei Anwendung dieses Lösungsmittels darbietet, nichts zu entdecken; es ist jedoch durch *Kühne's* sowie durch meine eigenen Untersuchungen hinlänglich klargestellt, dass dieser dritte Lipochromstreifen — welcher überdies nur bei sehr günstiger Beleuchtung [1]) und deutlich nur in Lösungen, welche keine, die blauen und violetten Strahlen absorbirende Verunreinigungen enthalten, gesehen wird — inconstant und die Deutung der darauf beruhenden spectroskopischen Verschiedenheiten einzelner Lipochrome noch keineswegs geglückt ist. Sehr bemerkenswerth scheint mir der Umstand, dass das Spectrum des frischen Serums (Taf. I, Spectr. 2) die beiden Lipochromstreifen, von denen der dem Roth benachbartere stets der bei weitem dunklere ist, ebenfalls mit voller Deutlichkeit zeigt, aber ganz anders gelagert als im Spectrum der Lösung des Farbstoffes in Amylalkohol (Taf. I, Spectr. 3). Derartige Differenzen werden bei Lipochromen nicht selten beobachtet, erhalten sich bisweilen (z. B. bei dem Lipochrome des menschlichen Knochenmarks) noch in der alkoholischen Lösung und lassen, wenn, wie in unserem Falle, das Lösungsmittel dafür nicht verantwortlich zu machen ist, nur die Annahme einer lockern chemischen Verbindung des Lipochromes mit einer fettartigen Substanz oder vielleicht auch mit einem Eiweisskörper zu; in ihrem Detail sind diese Verhältnisse jedoch nicht weniger klar als die zahlreichen Veränderungen, welche die Lipochrome in scheinbar abgestorbenen Geweben durchzumachen haben. In dem Umstande, dass sich bei Anwendung verschiedener Lösungsmittel die beiden Spectralbänder ganz gleichmässig verschieben, sehe ich indess den triftigsten Beweis dafür, dass beide Bänder einem

---

[1]) Ich bediente mich bei diesen Versuchen des Magnesiumlichtes.

einzigen Farbstoffkörper angehören, und dass die ungewöhnliche Dunkelheit des ersten Bandes (Taf. I, Spectr. 3 um F) nicht etwa auf Hydrobilirubin zu beziehen ist, an dessen spectroskopisches Verhalten in saurem Amylalkohol (Taf. I, Spectr. 1) der dunklere Streifen im Serumspectrum zwar ausserordentlich erinnert.

Vergleicht man das Spectralverhalten des Farbstoffes aus dem Rinderblutserum mit dem der übrigen, bislang bekannt gewordenen Lipochrome, so ergiebt sich eine zweifellose Verschiedenheit zwischen dem Serumfarbstoffe einerseits, den Chromophanen wie auch dem Lecitochrin und dem, dem Chlorophan der Hühnerretina so ähnlichen Fettfarbstoffe aus menschlichem Knochenmark anderseits. Den durch Verseifung rein erhaltenen Farbstoff des Hühnereierdotters habe ich, um ein weiteres Vergleichsobject zu besitzen, ebenfalls in Amylalkohol gelöst und gesehen, dass, wie nach *Kühne's* Untersuchungen zu erwarten stand, im Spectrum desselben die Streifen weit mehr dem Roth genähert liegen als im Spectrum der entsprechenden Lösung des Serumfarbstoffes. Das Spectrum der Lecitochrinlösung in Amylalkohol zeigte ebenso scharf als die Chloroformlösung das dritte Absorptionsband bei G. In seinen spectroskopischen Eigenschaften gleicht das Serumlipochrom am meisten dem Luteïn *Kühne's*[1]) und dem gelben Hautpigmente von Triton cristatus[2]); ob unter diesen Farbstoffen jedoch eine wirkliche Identität besteht, wird vor der Hand noch nicht zu entscheiden sein.

Der Umschlag in's Rothe, welchen alkalische Hydrobilirubinlösungen durch Säurezusatz erfahren, und das Dunklerwerden, welchem die Alkaliverbindungen des Hydrobilirubins bei längerer Aufbewahrung unterworfen sind, geben meinen Erfahrungen gemäss die empfindlichsten Reactionen auf diesen Körper ab. Zur Prüfung auf Spuren von Hydrobilirubin, denn nur solche hätten sich dem Mitgetheilten nach neben dem Lipochrome in dem Rindsserum vorfinden können, wurden von einem concentrirten Amylalkoholauszuge des Serums drei Portionen genommen, von welchen die eine mit Salzsäure angesäuert, die zweite mit Ammoniak + Chlorzink versetzt wurde, und die dritte, in gleicher Schichten-

---

[1]) *W. Kühne,* Beiträge zur Optochemie. Unters. a. d. physiolog. Inst. der Universität Heidelberg. Bd. 4. Heft 3. 1882. Taf. 5.

[2]) *Krukenberg,* Vergl.-physiologische Studien. II. Reihe. II. Abth. Heidelberg 1882. Taf. 3.

dicke wie die übrigen, als Controlprobe unvermischt blieb. In genau der nämlichen Weise wurden darauf die Versuchsreihen mit einer annähernd gleich stark gefärbten Lecitochrinlösung und mit einer reinen, kaum gefärbt erscheinenden neutralen Hydrobilirubinlösung (in Amylalkohol) wiederholt. Diese Versuche ergaben mit aller Evidenz, dass das Rinderblutserum auch nicht die minimsten nachweisbaren Mengen von Hydrobilirubin enthielt: der Amylalkoholauszug des Serums glich genau der Lecitochrinlösung. Beide Flüssigkeiten verblassten durch Salzsäure und veränderten auf Zusatz von Ammoniak + Chlorzink ihre Farbe nicht, während die erst in einer 2—3 ctm. dicken Schicht strohgelb erscheinende Hydrobilirubinlösung mit Salzsäure sich sehr deutlich granatroth färbte und auf Zusatz von Ammoniak + Chlorzink grün fluorescirte. Versuche, bei denen das zuvor angesäuerte Rindsserum mit Amylalkohol ausgeschüttelt wurde, hatten das nämliche negative Resultat zur Folge. Ganz entgegen der Eigenschaft einer gelben Hydrobilirubinlösung, beim Stehen an der Luft nachzudunkeln, verbleichen die Auflösungen des Serumfarbstoffes nach einiger Zeit, ja sie erleiden sogar eine vollständige Entfärbung, rascher zwar am Lichte, doch auch im Dunkeln, und zwar bedurfte es dazu — wie Begleitversuche, ausgeführt mit dem Farbstoffe des Hühnereierdotters, welcher zu diesem Zwecke ebenfalls in Amylalkohol gelöst wurde, lehrten — nicht längerer Zeit, als bei einer, denselben Bedingungen unterstellten Lecitochrinlösung von annähernd gleicher Farbenintensität. Hydrobilirubin war somit auch nach diesem Verfahren im Rinderblutserum nicht nachzuweisen, und das für den gegentheiligen Schluss von *Maly* geltend gemachte, von ihm jedoch nur ungenügend untersuchte spectroskopische Verhalten des Rindsserums passt ebenso gut, ja noch weit besser auf einen rein lipochromatischen Farbstoff, als auf Hydrobilirubin. Weder bei den ganz successiv erfolgenden Extractionen des Serums mit stets neuen Amylalkoholmengen — ein Verfahren, welches mir z. B. bei den Untersuchungen der Farbstoffe von Anthea Cereus so werthvolle Aufschlüsse geliefert hatte —, noch bei dem ganz allmäligen Verblassen der Farbstofflösungen am Lichte traten Erscheinungen auf, welche auf ein, im Serum vorhandenes Farbstoffgemisch (etwa bei Anwesenheit von Choletelin oder anderer, durch Reactionen schwer zu erkennenden Substanzen) schliessen liessen. Stets erschienen auch in den Spectren nur die beiden Lipochrombänder, was zugleich beweist, dass die

Trennung des Serums von den Blutkörperchen ebenfalls in erwünschter Weise gelungen war [1]).

Weder das direct, noch das nach schwachem Salzsäurezusatz mit Amylalkohol extrahirte Serum gab mit salpetriger Salpetersäure oder mit Bronnwasser irgend eine Andeutung des Eintretens der *Gmelin*'schen Gallenfarbstoffreaction, wodurch also auch weiterhin die Abwesenheit von Gallenfarbstoffen in demselben bewiesen sein dürfte.

Prüft man den gelben Verdampfungsrückstand der Lösung des Serumfarbstoffes in Amylalkohol auf die den Lipochromen eigenthümliche Blaufärbung durch concentrirte Schwefelsäure oder durch starke Salpetersäure, so findet man diese Reaction nur stellenweise ausgeprägt; durch vorsichtige Behandlung des salbenartigen Verdampfungsrückstandes mit reinem, möglichst kalt gehaltenen Petroläther, rasches Filtriren der Farbstofflösung, Abdampfen und mehrmalige Wiederholung dieser Operationen, indem einige Male statt des Petroläthers auch Chloroform verwendet wurde, gelang es mir jedoch, auch dieses Lipochrom soweit zu reinigen, dass beide Reactionen sehr schön hervortraten und auch auf Zusatz eines Tropfens Essigsäure durch Jod-Jodkaliumlösung eine blaugrüne Färbung zu erzielen war.

Als sich gezeigt hatte, dass der nach *Kühne*'s Methode mit heisser Natronlauge verseifte Amylalkoholauszug des Serums beim Schütteln mit Petroläther keinen Farbstoff an diesen abgab, und nach dem Aussalzen der Seifenlösung die mit Petroläther oder mit Aether geschüttelte Masse zu einer gleichmässigen Gallerte gestand, aus der sich die Aether auch nach Wochen nicht ausschieden, so wurde der in oben beschriebener Weise gereinigte Verdampfungsrückstand des Amylalkoholauszugs mit Aethylalkohol

---

[1]) Obschon ich anfangs ausschliesslich an reinem Serum experimentirte, überzeugte ich mich doch später, dass (nach raschem Aufkochen des Blutes) der Serumfarbstoff nicht weniger rein durch Amylalkohol aus dem Blute direct zu gewinnen ist, und dass das umständliche Absetzenlassen der Blutkörperchen deshalb für gewöhnlich umgangen werden kann, zumal etwas Hämoglobin (wahrscheinlich aber nur von postmortal zersetzten Blutkörperchen herrührend) stets im Serum gefunden wird. *Preyer* (l. c. S. 6) bemerkt speciell vom Blutserum des Rindes, Schafes, Kalbes, Pferdes und Schweines, dass dasselbe, „wenn es auch noch so sorgfältig dargestellt wird, in Schichten von 4—6 ctm. vor den Spalt eines Spectralapparates gebracht, im Spectrum die beiden, für das sauerstoffhaltige Hämoglobin charakteristischen Absorptionsstreifen zeigt.“

aufgenommen und diese Lösung der Verseifung unterworfen. Es gelang auf diese Art, der ausgesalzenen Seife den Farbstoff durch Aether zu entziehen und festzustellen, dass derselbe unzersetzt geblieben war; die gelbe Aetherlösung zeigte noch die beiden Spectralstreifen, die von denen im Spectrum des Amylalkoholauszuges in Lage und Intensität nicht zu unterscheiden waren.

Was nun schliesslich noch die Behauptung *Al. Schmidt's* anbelangt, der gelbe Serumfarbstoff sei aus dem Hämoglobin künstlich darzustellen, oder, was vielleicht in diesem Satze einbegriffen liegen soll, ein Derivat des Hämoglobins, so stehen derselben doch immerhin grosse Bedenken entgegen. Soviel ich bei Kryptogamen, Monocotylen und Dicotylen auch selber darnach suchte, so ist bislang doch niemals eine Spur von Chlorophyllgrün aufgefunden worden, welches nicht mit einem gelben Lipochrome (Anthoxanthin *Hansen's)* auf's Innigste gemischt gewesen wäre, — so innig damit verschmolzen, dass man bis zu *Hansen's* bahnbrechenden Untersuchungen, beide Farbstoffe sogar für einen einheitlichen Körper ansah. Sehr ähnlich scheint es sich auch mit den Hämoglobinen zu verhalten, wennschon mit dem Unterschiede, dass diesen das beigemengte Lipochrom an färbender Kraft bei weitem nachsteht, und dass auch nicht immer echte Lipochrome, sondern Zersetzungsproducte derselben (die aber noch immer gefärbt, indess viel schwieriger zu lösen sind und kein charakteristisches Spectralverhalten mehr besitzen) mit den Hämoglobinen vergesellschaftet vorkommen. Aus Substanzen dieser Art, aus unlöslich gewordenen lipochromatischen Stoffen scheinen mir z. B. auch die gelben Schollen zu bestehen, welche man so häufig im Knochenmarke antrifft. Zahlreiche vergleichend physiologische Daten lehren jedoch, dass die Anwesenheit der Lipochrome, und zwar ganz besonders der hier in Frage kommenden chlorophanartigen Farbstoffe, weder constant an Chlorophyllgrün noch an Hämoglobin im Vorkommen und somit an diese Stoffe auch nicht in ihrem Entstehen gebunden sind. Wie die Ueberführung des Cyanokrystallins in einen Fettfarbstoff gelehrt hat, können die Lipochrome sehr mannigfach vorgebildet sein, und in den allermeisten Fällen treffen wir von gefärbten Muttersubstanzen derselben im gesammten Organismus gar nichts an. Ihr Auftreten ist an einen bestimmten Stoff zweifellos nicht gebunden, und ebenso unterliegen sie selbst weiteren proteusartigen Wechseln, welche vorerst nicht zu entziffern sind. Bald verwandeln sich dieselben in Producte, welche sich nur durch ihre Resistenz gegen Lösungs-

mittel und durch ihr uncharakteristisches Spectralverhalten (Lipochromoïde) von den Lipochromen unterscheiden, bald in solche, welche zugleich noch dadurch von ihren Muttersubstanzen abweichen, dass sie (wie z. B. die gelben und rothen Farbstoffe der Papageienfedern) sich mit concentrirter Schwefelsäure oder mit starker Salpetersäure nur unvollkommen oder auch gar nicht bläuen; ferner können aus den Fettfarbstoffen auch dunkelviolette (z. B. in der Rindensubstanz der Leptogorgien), ja braunschwarze (Melanoïde) Pigmente, aller Wahrscheinlichkeit nach selbst die so resistenten Melanine hervorgehen, und die cholestearinartigen Abkömmlinge [1]) der Lipochrome werden nicht weniger mannigfaltig als die Lipochrome selber sein. Jedenfalls ist es rathsam, über die Herkunft der Lipochrome im Blutserum wie auch in den übrigen Geweben der Wirbelthiere nur mit einiger Zurückhaltung Vermuthungen auszusprechen, welche vielleicht eine einzige neue Thatsache wieder über den Haufen wirft.

Nach den Erfahrungen, welche ich über die Veränderungen der Lipochrome bei längerer Erhaltung an ihrem natürlichen Platze (in eingetrockneten Geweben oder auch, unter physiologischen Verhältnissen, in Organen, deren Stoffwechsel ein äusserst geringer ist) oder bei längerer Aufbewahrung der isolirten Farbstoffe im festen Zustande, bisweilen selbst an Lösungen zu machen Gelegenheit hatte, kann es nicht Wunder nehmen, dass auch die Serumlipochrome ihre Eigenschaften nicht unbegrenzt beibehalten, wenn sie im trockenen Zustande verharren. So beobachtete ich denn auch an einer, unter 100° C. eingedampften, goldgelben Hydrocele wie an einer, auf dem Wasserbade getrockneten und in Folge dessen etwas missfarbig gewordenen Hydroovarialflüssigkeit, dass ein, anfänglich zweifellos vorhanden gewesenes Lipochrom weder durch siedenden, noch durch kalten Amylalkohol bei mehrwöchentlicher Einwirkung den fein pulverisirten Massen zu entziehen war. Es kommen hier Factoren in Betracht, welche nicht nur die Eigenschaften der Lipochrome verändern, deren Löslichkeit für die lipochromatischen Lösungsmittel herabsetzen, ja ganz vernichten, sondern auch an Eiweisskörpern, an der

---

[1]) Ich erinnere daran, wieviele dem Cholestearin verwandte, doch in Schmelzpunct und specifischer Drehung davon abweichende Substanzen (Hydrocarotin *Husemann's*, Isocholesterin und Caulosterin *E. Schultze's*, Phytosterin *Hesse's*, Paracholesterin *Rodewald's*) erst in jüngster Zeit aufgefunden und wieviele derartige Körper ausserdem Ein Mal beobachtet, aber noch nicht specieller untersucht sind.

Hemialbumose und an glukosidartigen Substanzen ist der verändernde Einfluss der Zeit leicht zu beobachten; die Chondroïtsäure z. B. braucht nur 1—2 Tage lufttrocken aufbewahrt zu werden, um ihre Fällbarkeit durch Essigsäure, die, wenn das Präparat nicht eintrocknete, eine quantitative ist, vollkommen einzubüssen.

Lehrreich und biologisch nicht weniger interessant als die Serumfarbstoffe der Säugethiere — deren Studium gerade deshalb ausgedehnter betrieben werden sollte, weil dadurch Licht auf den Verbleib vieler vom Darmtractus aus resorbirten Stoffe fallen wird — sind die lymphatischen Farbstoffe der Insecten. Bestehen in Betreff der Serumfarbstoffe schon unter den Säugethieren erhebliche specifische Differenzen, indem, wie wir sahen, das Pferdeblutserum vorwiegend Bilirubin enthält, das Rinderblutserum dagegen in wahrnehmbarer Menge ausschliesslich ein luteïnähnliches Lipochrom, so treten diese an der Insectenlymphe noch weit schärfer hervor.

Ich will hier nicht die merkwürdigen Befunde an der Coleopterenlymphe [1]) referiren, sondern mich darauf beschränken, in aller Kürze nachzuweisen, dass die Körperflüssigkeit der Lepidopterenpuppen in gleicher Weise melanisirt als die Lymphe der Käfer, und dass die Melanose in beiden Fällen durch die gleichen Mittel zu verhindern ist. Zu den Versuchen dienten mir einige Saturniden-Chrysaliden; die Ergebnisse sind folgende:

Die gelbgrüne Lymphe der Puppen von Saturnia Pyri [2]) setzt spontan wenig Gerinnsel ab, trübt sich, verschiedenen Individuen entnommen, bei 60 resp. 65° C., ein stärkeres Coagulum entsteht indess erst bei 72 resp. 73° C., und hoch in den 70er Graden, vielleicht auch wohl erst bei 80° C. verwandelt sich die Lymphe in eine käseartige Masse. Das Spectrum der Lymphe (Taf. I, Spectr. 8) weist als Eigenthümlichkeit ein deutliches Absorptionsband um D auf, daneben zwischen b und G zwei andere

---

[1]) Cf. *Krukenberg*, Ueber die Hydrophiluslymphe etc. Verhandl. d. nat.-medic. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. 3. Heft 1.

[2]) Von dem rothbraunen Pigmente des chitinösen Puppenpanzers geht nur wenig in ammoniakalisches Wasser, nichts in siedenden Alkohol über; eine den Carminsäuren ähnliche Substanz, an die vielleicht zu denken gewesen wäre, liegt hier also nicht vor. Der Fettkörper enthält wenig Harnsäure und liess mikroskopisch nur Fett, weder Leucin noch Tyrosin erkennen.

Streifen, die einem gelben Lipochrome zukommen, und in dem alkoholischen Auszuge der Lymphe, welcher das Lipochrom vollständig aufnimmt, anders lagern als in der frischen Lymphe. Mit dem alkoholischen Lymphauszuge stimmt der alkoholische Auszug des Fettkörpers spectroskopisch überein (Taf. I, Spectr. 10); nach der Verseifung war weder vor, noch nach dem Aussalzen mit Kochsalz das Lipochrom durch Petroläther in Lösung zu bringen, vollständig gelang hingegen die Extraction mit Schwefeläther (Taf. I, Spectr. 9).

Die grünlich gelbe Lymphe der Puppen von Saturnia Pernyi entfärbte sofort reichliche Mengen von Rosolsäure, röthete blaues Lacmuspapier und besitzt demnach (wie vielleicht die Lymphe der meisten Lepidopterenpuppen) eine saure Reaction, die auch bei der Coagulation der Eiweisskörper durch Siedehitze nicht verschwindet. Die Lymphe zeigt ebenso wie der wässrige Auszug der grünen harzartigen Ballen, welche sich in den Puppen finden, keine charakteristische Spectralverhältnisse; die Lymphe enthält den nämlichen lipochromatischen Farbstoff, der sich bei Saturnia Pyri findet und, wie hier mit Deutlichkeit zu sehen war, 3 Absorptionsstreifen im Spectrum (Taf. I, Spectr. 11) aufweist.

Die spontane Gerinnung erfolgt an dieser Lymphe ausnehmend rasch und mit ihr gleichen Schritt hält die melanotische Verfärbung, die so rapide eintritt, dass es durch successive Erwärmung nur unvollkommen gelingt, sich davon zu überzeugen, dass Temperaturen über 50° C. den melanotischen Vorgang inhibiren. Wurde aber die lebende Puppe 1 Stunde 5 Min. einer Temperatur von 55° C. ausgesetzt, so verfärbte sich auch in diesem Falle die Lymphe beim Oeffnen des Thieres nicht mehr. Wie bei allen übrigen Insecten wird das Lipochrom durch die Melanose aber auch hier nicht verändert, selbst aus fast schwarz gewordener Lymphe lässt sich dasselbe leicht durch Alkohol extrahiren.

Während die reine oder mit destillirtem Wasser gemischte Lymphe sich bei Berührung mit dem Sauerstoff der Luft so äusserst schnell bräunt, behält dieselbe nach dem Sättigen mit Chlornatrium oder Magnesiumsulfat wie auch auf Zusatz von Natronlauge ihre ursprünglich zeisiggrüne Färbung bei, obschon zwar nur in den mit Bittersalz und destillirtem Wasser versetzten Portionen geringe Trübungen durch Eiweissgerinnsel bemerkbar sind, die übrigen Proben dagegen völlig klar bleiben; einen beschleunigenden Einfluss auf die Melanose übt Alkohol aus, wahrschein-

lich schon durch das ausfallende Eiweiss. — Beim Erwärmen trat eine Trübung in der reinen Lymphe erst bei 68 ° C. ein, bei 70 ° C. wurde dieselbe bedeutend stärker und bei 72 ° C. schied sich ein flockiges Gerinnsel ab.

Die bräunlich gelbe, schwach alkalisch reagirende Lymphe der Puppen von Callosamia Promethea schwärzte sich sehr bald an der Luft, schied auf Wasserzusatz kein Eiweiss ab und zeigte im Hämoskop, bei allmälig zu- und abnehmender Schichtendicke untersucht, kein deutliches Absorptionsband (Taf. I, Spectr. 7); das darin vorhandene Lipochrom liess sich erst durch Alkoholextraction zur Anschauung bringen. Bei 61 ° C. trübte sich die ganz successiv erwärmte Lymphe, eine starke lehmfarbige Ausscheidung erfolgte bei 70 ° C.: Erscheinungen, welche die Filtrate wegen veränderter Reaction immer wieder zeigten, während eine vollständige Coagulation erst in der Mitte der 70er Grade eintrat.

Die Chrysalidenlymphe von Platisamia Cecropia zeigte in mehreren Versuchsreihen folgende Coagulationen:

1. Trübung bei 60 resp. 61 ° C.; Gerinnselbildung meist bei 63—65 ° C., in einem Versuche erst bei 67 ° C.

2. Trübung bei 68 ° C. und bei 70 ° C. flockige, rein weisse Ausscheidung, gleich beträchtlich wie im ersten Falle.

3. Trübung bei 84 ° C. und bei 88 ° C. eine weniger feste und weniger bedeutende Ausscheidung als gegen Anfang der 70er Grade.

Bei fortgesetzter Erwärmung bis 100 ° C. trat kein neues Gerinnsel mehr auf.

Die reine oder mit destillirtem Wasser verdünnte Lymphe verfiel der Melanose nach 7 Minuten; ein spontanes Gerinnsel entstand in der reinen Lymphe nicht, wohl aber eine geringe Eiweissfällung nach Wasserzusatz. Natronlauge, Sättigen mit Kochsalz oder Bittersalz verhinderten die Bräunung, nur Natronlauge erzeugte einen gallertigen Niederschlag, beim Sättigen mit den Neutralsalzen blieb die Lymphe klar. Alkohol bewirkte Fällung des Eiweisses und sofortige Bräunung.

Die Lymphe der Cecropia-Chrysaliden verdankt ihre grüne Farbe und den rothen Reflex einem sehr unbeständigen Pigmente, dessen Spectrum durch ein Absorptionsband um B ausgezeichnet ist (Taf. I, Spectr. 5). Erwärmen auf 66 ° C., Ammoniak, anorganische wie organische Säuren (z. B. Essigsäure) zerstören den Farbstoff, der Streifen um B verschwindet aus dem Spectrum und

die Färbung der jetzt goldgelb erscheinenden Lymphe rührt ausschliesslich von demselben Lipochrome her, welchem wir in der Lymphe bei sämmtlichen übrigen Saturnidenpuppen begegnet sind.

Die gelbgrüne, bisweilen auch bräunlichgelbe Lymphe der Puppen von Telea Polyphemus zeigt nur die Spectralbänder des gelben Lipochromes, gerinnt spontan nicht, ist aber ebenfalls der Melanose unterworfen, welche indess ausbleibt, wenn die Puppen ca. eine Stunde auf 50 ^{0} C. erwärmt werden. Die Lymphe trübte sich schwach bei 56 ^{0} C., stärker bei 62 ^{0} C., wurde in der Mitte der 60er Grade undurchsichtig und lehmfarben; ein käsiges Gerinnsel schied sich aber erst bei nahezu 72 ^{0} C. aus.

In Hinsicht auf das Verhalten des Farbstoffes im Rinderblutserum sind mehrere Erscheinungen, denen wir an den Chrysalidenlymphen begegneten, bemerkenswerth. Von diesen hebe ich besonders hervor: 1. Das constante Auftreten eines gelben Lipochromes, während betreffs der übrigen lymphatischen Farbstoffe erhebliche specifische Differenzen zu bestehen scheinen. 2. Die leichte Extractionsfähigkeit des Lipochromes in der Insectenlymphe durch Aethylalkohol u. dgl. m. 3. Das (trotz dieses leichten Ueberganges des Farbstoffes in Alkohol) so unterschiedliche Spectralverhalten der Lymphe und der alkoholischen Farbstofflösung (vgl. Taf. I, Spectr. 8 u. 10), und 4. Die Identität des Lipochromes der Lymphe mit dem des Fettkörpers.

Erklärung der Spectren auf Taf. I.

1. Hydrobilirubin aus salzsaurer wässriger Lösung mit Amylalkohol ausgeschüttelt.

2. Serum aus geschlagenem Rindsblut durch Absetzenlassen der Blutkörperchen gewonnen.

3. Farbstoff des Rinderblutserums in Amylalkohol gelöst

4. Derselbe in Chloroform gelöst.

5. Lymphe der Puppen von Platisamia Cecropia (von gelber bis gelbgrüner Färbung.)

6. Dieselbe auf 70 ° C. erwärmt.

7. Bräunlich gelbe Chysalidenlymphe von Callosamia Promethea.

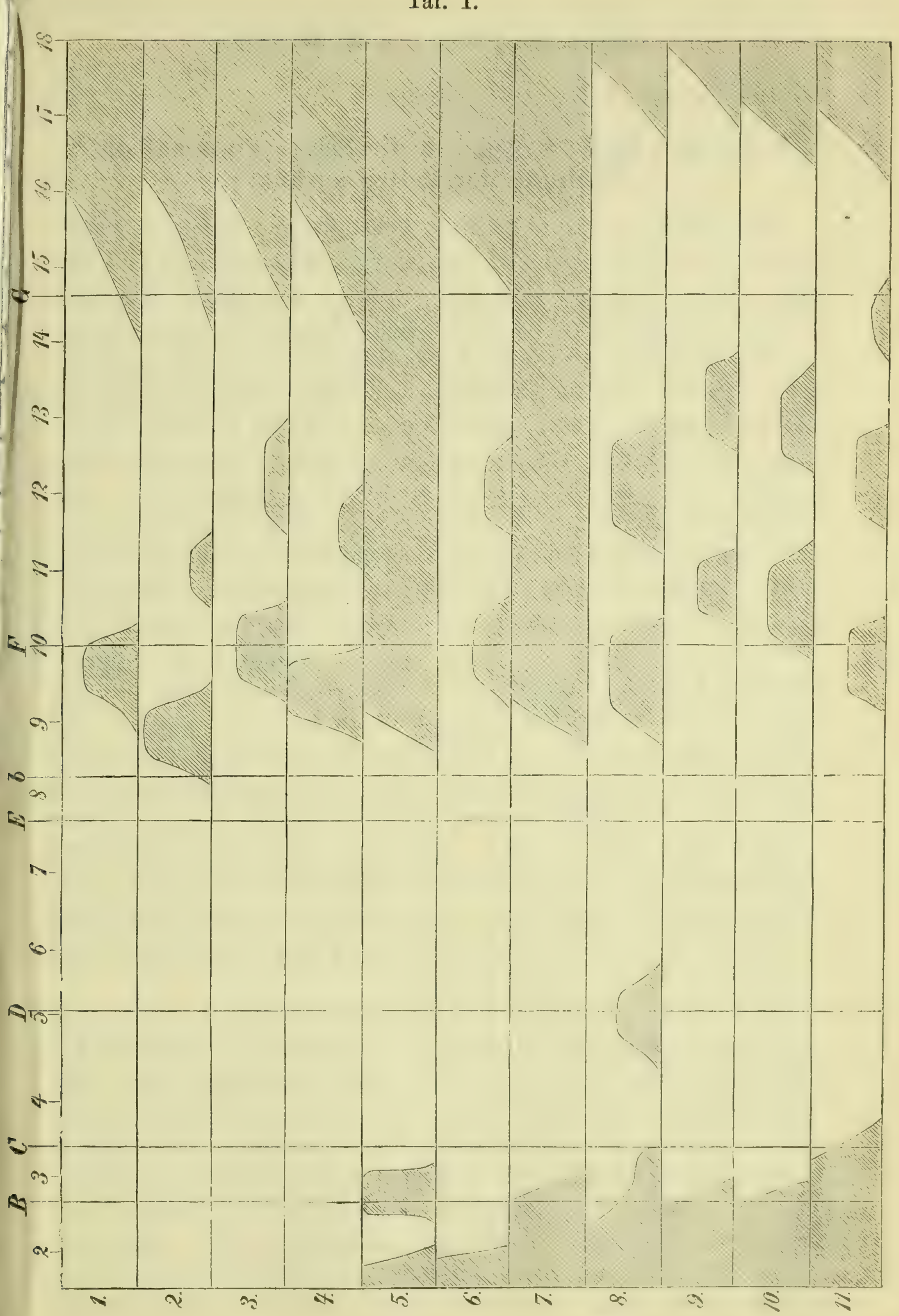
8. Gelbgrüne Lymphe der Puppen von Saturnia Pyri.

9. Lipochrom des Fettkörpers von derselben Chysalide, nach der Verseifung in Aether gelöst.

10. Derselbe Farbstoff, dem Fettkörper oder der Lymphe durch Aethylalkohol direct entzogen.

11. Grünlich gelbe Lymphe der Chrysaliden von Saturnia Pernyi.

Taf. I.



Nachtrag zur Sitzung vom 16. Mai 1884.

Herr Professor Hertwig sprach:

Ueber den Einfluss, welchen die Schwerkraft auf die Theilung der Zellen ausübt.

Im Anschluss an zwei wichtige Abhandlungen, welche E. Pflüger über den vorliegenden Gegenstand veröffentlicht hat, und veranlasst durch mehrere Bedenken, welche sich gegen einige der dort aufgestellten Sätze bei ihm erhoben hatten, hat Vortragender mehrere Experimente an befruchteten Eiern von Seeigeln angestellt. Die Seeigeleier sind für die Frage nach der richtenden Kraft der Schwere insofern wichtig, als sie einer äqualen Furchung unterliegen und fast nur aus Protoplasma bestehen, dem sehr kleine gleichmässig im Inhalt vertheilte Körnchen eingelagert sind, während Dotterconcremente, Fetttropfen und dergl. ganz fehlen. An einem solchen Objecte musste es sich endgültig entscheiden lassen, ob die verticale Stellung der ersten Furchungsebene, welche bei nahrungsdotterreichen Eiern mit Constanz sich beobachten lässt, durch die Schwerkraft oder nur dadurch bedingt wird, dass der schwerere Nahrungsdotter und der leichtere Bildungsdotter in ungleicher Weise in der Eizelle vertheilt sind.

Es fielen nun die an den Eiern der Echiniden angestellten Experimente „zu Ungunsten der Ansicht aus, dass die Schwerkraft direct einen richtenden Einfluss auf die Lage der Theilungsebene bei thierischen Zellen ausübt. Denn bei einem Theil der durch kein Hinderniss in ihrer Stellung beeinflussten Eier lag die erste Furchungsebene vertical, bei einem andern horizontal und wieder bei einem andern Theil war sie unter jedem möglichen Winkel zur Horizontalebene schräg geneigt.

Auf Grundlage der so gewonnenen negativen Resultate ging Vortragender auf die von Pflüger beobachteten wichtigen Erscheinungen selbst näher ein und suchte darzuthun, dass sich dieselben in einer andern Weise erklären lassen; zu dem Zwecke unterwarf er die Gesammtheit der Erscheinungen, welche sich in den thierischen Eizellen vor und nach der Befruchtung abspielen, einer vergleichenden Betrachtung. Er wies auf die ungleiche Vertheilung der verschiedenen Dotterbestandtheile in der ungetheilten Eizelle hin und fand, dass hierdurch auch die Lage des Kerns in der Eizelle nach der Befruchtung bestimmt wird. Nach der

Ansicht des Vortragenden wird die Lage des befruchteten Kerns in der Eizelle durch zwei Factoren in gesetzmässiger Weise beeinflusst, 1) durch die äussere Form, welche das Eimaterial besitzt, und 2) durch die Art und Weise, wie Bildungsdotter und Nahrungsdotter in der Zelle vertheilt sind. Bei gleichmässiger Beschaffenheit der Zellsubstanz sucht der Kern eine centrale Lage im Ei einzunehmen, setzt sich dagegen die Zelle aus einer dotterreicheren und einer protoplasmareicheren Partie zusammen, so ändert der Kern insofern seine Stellung, als er mehr in das Bereich der protoplasmareicheren Partie rückt. Kern und Protoplasma wirken (namentlich nach der Befruchtung und während der Zelltheilung) so auf einander ein, dass der Kern stets die Mitte seiner Wirkungssphäre einzunehmen sucht.

Hieraus lässt sich dann weiter ein Gesetz ableiten, durch welches der Verlauf der ersten Furchungsebenen bestimmt wird. Die Richtung der Theilungsebene hängt ab von der Lage der Axe des sich zur Theilung anschickenden Kerns. Die Lage der Kernaxe aber steht wieder in einem Abhängigkeitsverhältniss zur Form und Differenzirung des den Kern umhüllenden protoplasmatischen Körpers. So kann in einer Protoplasmakugel, wenn sie sich zur Theilung anschickt, die Axe des central gelagerten Kerns in der Richtung eines jeden Radius zu liegen kommen, in einem eiförmigen Protoplasmakörper dagegen nur in den längsten Durchmesser. In einer kreisrunden Protoplasmascheibe liegt die Kernaxe parallel zur Oberfläche derselben in einem beliebigen Durchmesser des Kreises, in einer ovalen Scheibe dagegen wieder nur im längsten Durchmesser.

Aus diesen in der Organisation der Zelle selbst gegebenen Factoren erklärt sich die Richtung und gesetzmässige Aufeinanderfolge der ersten Furchungsebenen bei sich theilenden Eiern.

Hierbei übt in vielen Fällen die Schwere nur einen indirecten Einfluss auf die Orientierung der Furchungsebenen im Raum aus, nämlich überall da, wo sich in einer Zelle Substanzen von verschiedener specifischer Schwere von einander gesondert und in einer schwereren und leichteren Schicht über einander angeordnet haben. Bei vielen Eiern wird eine derartige Anordnung bei der Reife, in Folge der Bildung der Richtungskörper und in Folge des Befruchtungsprocesses herbeigeführt. Das Ei erhält dann eine bestimmte Axe mit animalem und vegetativem Pole, eine Axe, welche durch die Schwere lothrecht gerichtet werden muss. Dadurch aber muss auch die erste Furchungsebene nothwendiger

Weise lothrecht stehen. Denn bei den geocentrisch differenzirten Eiern ist die leichtere protoplasmatische Substanz als Halbkugel oder Scheibe am animalen Pole der Eiaxe angehäuft und liegt horizontal ausgebreitet der Dotterhälfte auf. In der horizontalen Keimscheibe aber muss nach dem oben formulirten Gesetz auch die Kernaxe sich horizontal einstellen, die Furchungsebene daher eine verticale werden. In allen diesen Fällen wirkt die Schwerkraft nur insofern und gleichsam indirect ein, als bei Eiern mit animalem und vegetativem Pole die Eiaxe unter ihrem Einfluss lothrecht gerichtet wird.

Die von E. Pflüger experimentell hervorgerufenen, abnormen Furchungserscheinungen erklären sich in der Weise, dass bei polar differenzirten Eiern, wenn sie in eine von der Norm abweichende Zwangslage gebracht werden, unter dem Einfluss der Schwere, sowie unter dem Einfluss der bei der Befruchtung und Zelltheilung sich abspielenden inneren Vorgänge, eine theilweise Umlagerung der Substanzen von verschiedener Schwere und Dignität stattfindet.

Nachtrag zur 9. Sitzung am 11. Juli 1884.

Herr Professor Oscar Hertwig sprach

Ueber die Bedingungen der Bastardbefruchtung

und theilte Experimente mit, welche während der Osterferien 1874 in Spezzia und in Sorrent von ihm und seinem Bruder gemeinsam ausgeführt worden waren. Zur Untersuchung dienten vier Seeigelarten, Strongylocentrotus lividus, Echinus mikrotuberculatus Arbacia pustulosa, Sphaerechinus granularis.

Es ergaben sich hierbei folgende allgemeine Resultate:

1) Das Gelingen oder Nichtgelingen der Bastardirung hängt nicht ausschliesslich von dem Grad der systematischen Verwandtschaft der gekreuzten Arten ab. Aehnliches beobachteten Pflüger und Born bei Bastardirung verschiedener Amphibienarten.

2) In der Kreuzbefruchtung zweier Seeigelarten besteht sehr häufig keine Reciprocität, eine Erscheinung, welche sich ebenfalls auch bei der Bastardirung der Amphibien zeigt. Alle möglichen Abstufungen finden sich hier. Während Eier von Echinus mikrotuberculatus sich durch Samen von Strongylocentrotus lividus fast ohne Ausnahme befruchten lassen, wird bei Kreuzung in entgegengesetzter Richtung nur in wenigen Fällen eine Entwicklung her-

vorgerufen. Die Befruchtung frischen Eimaterials von Strongylocentrotus lividus durch Samen von Arbacia pustulosa bleibt erfolglos, dagegen entwickeln sich von Arbacia pustulosa immerhin einige Eier, wenn ihnen Samen von Strongylocentrotus lividus hinzugefügt wird, und so ähnlich noch in anderen Fällen.

3) Für das Gelingen oder Nichtgelingen der Bastardirung ist die jeweilige Beschaffenheit der zur Kreuzung verwandten Geschlechtsproducte der Echiniden von Wichtigkeit. Die Bastardbefruchtung gelingt weniger mit den aus dem Eierstock entleerten Eiern eines frisch gefangenen Weibchens, als mit einem Eimaterial, welches durch äussere störende Verhältnisse eine Schädigung in seiner Lebensenergie erlitten hat. Es ist dies das wichtigste und interessanteste Ergebniss der in Sorrent ausgeführten Experimente, auf welche Vortragender daher auch ausführlicher eingeht.

Um die Eier der Echinodermen zu schädigen, ohne sie abzutödten, ist eines der einfachsten Mittel, sie nach der Entleerung aus dem Ovarium im Meerwasser unbefruchtet aufzubewahren. Sie bleiben noch 1 bis 3 Tage, je nach der Temperatur und anderen Bedingungen, entwicklungsfähig, werden aber dabei anormal. Dies zeigt sich bei Vornahme der Befruchtung erstens darin, dass sich die Eihaut entweder langsam, oder unvollständig oder gar nicht vom Dotter abhebt, und zweitens darin, dass anstatt eines einzigen zwei, drei und successiv mehr Samenfäden eindringen. Derartiges Material reagirt nun auch gegen den Samen einer anderen Art in anderer Weise als normal beschaffenes. Es konnte durch zahlreiche Versuche auf das Sicherste festgestellt werden, dass Eier, welche gleich nach ihrer Entleerung aus dem Ovarium bastardirt wurden, das fremde Spermatozoon zurückwiesen, es aber nach 10, 20 oder 30 Stunden bei der zweiten oder dritten oder vierten Nachbefruchtung in sich aufnahmen und dann sich normal weiter entwickelten. Das Resultat fiel immer in derselben Weise aus, mochten die Eier von Strongylocentrotus lividus mit Samen von Sphaerechinus granularis oder von Echinus mikrotuberculatus oder mochten die Eier von Sphaerechinus granularis mit Samen von Strongylocentrotus lividus und so weiter gekreuzt werden.

Das Gelingen oder Nichtgelingen der Bastardirung konnte in diesen Fällen nicht auf eine Verschiedenheit des Samens zurückgeführt werden, da derselbe jedes Mal neu aus den strotzend gefüllten Hoden entnommen wurde und daher als ein relativ constant bleibender Factor in den Versuchen angesehen werden konnte.

Es ist daher über jeden Zweifel erhaben, dass sich die Eizelle in ihrem Verhalten gegen fremden Samen verändert hatte.

Vortragender hob darauf hervor, dass wenn überhaupt in der Eizelle Veränderungen eintreten oder künstlich hervorgerufen werden können, in Folge deren die Bastardirung gelingt, dann es vom theoretischen Standpunkt aus möglich sein müsse, die Geschlechtsproducte zweier Arten, zwischen denen ein gewisser Grad sexueller Affinität bestehe, auch ohne Zurückbleiben eines unbefruchteten Restes zu bastardiren. Man müsse, je nach den Bedingungen, unter denen man die Geschlechtsproducte zusammenbringe, ein Minimum und ein Optimum der Bastardirungsfähigkeit unterscheiden können.

In den ausgeführten Experimenten war dies auch in der That möglich, wenn das Eimaterial eines Weibchens in mehrere Portionen getheilt und zu ungleichen Zeiten befruchtet wurde. Stets erhielten wir hier den geringsten Procentsatz Bastarde, wenn den Eiern gleich nach Entleerung aus den Ovarien der fremde Samen zugesetzt wurde. Je später die Befruchtung geschah, sei es nach 5 oder 10 oder 20 oder 30 Stunden, um so mehr wuchs der Procentsatz der bastardirten Eier, bis schliesslich ein Bastardirungsoptimum erreicht wurde. Als solches lässt sich dasjenige Stadium bezeichnen, in welchem sich fast das gesammte Eiquantum, mit Ausnahme einer geringen Zahl, in normaler Weise entwickelt. Dasselbe ist, da sich in den Eiern innere Veränderungen ohne Unterbrechung weiter abspielen, von kurzer Dauer. Dann beginnt der Procentsatz der in Folge von Bastardbefruchtung sich normal entwickelnden Eier wieder abzunehmen und zwar hauptsächlich deshalb, weil ein immer grösser werdender Theil in Folge des Eindringens mehrerer Spermatozoen sich ganz unregelmässig theilt und missgebildet wird.

Die Erfolge, die man erhält, wenn das Eimaterial zu verschiedenen Zeiten gekreuzt wird, kann man sich unter dem Bild einer auf- und absteigenden Curve darstellen, deren Höhepunkt das Bastardirungsoptimum bezeichnet. Zur Veranschaulichung theilte Vortragender eine Versuchsreihe einer Kreuzung der Eier von Sphaerechinus granularis durch Samen von Strongylocentrotus lividus mit.

1) Befruchtung nach $^1|_4$ Stunde. Bastardirungsminimum. Aeusserst vereinzelte Eier entwickeln sich. 2) Befruchtung nach $2^1|_4$ Stunde. Etwa $10^0|_0$ entwickeln sich normal. 3) Befruchtung nach $6^1|_4$ Stunden. Etwa $60^0|_0$ entwickeln sich normal.

4) Befruchtung nach $10\frac{1}{4}$ Stunden. Alle Eier entwickeln sich mit Ausnahme von $5\,^0/_0$. Bastardirungsoptimum. 5) Befruchtung nach 25 Stunden. Ein Theil entwickelt sich normal, ein zweiter in unregelmässiger Weise, ein kleiner Rest bleibt unbefruchtet.

Vortragender weist auf Ergebnisse hin, welche Pflüger und Born bei der Bastardirung der Amphibien erhalten haben, aber in anderer Weise erklären; er ist der Meinung, dass auch hier ähnliche Verhältnisse wie bei den Echinodermen vorliegen, und dass sich auch hier Bastarde am leichtesten dann züchten werden, wenn man geschwächte Eier mit recht lebenskräftigem Samen einer anderen Art vermischt. In derselben Weise glaubt er auch die bekannte Thatsache erklären zu dürfen, dass domesticierte Thier- und Pflanzenarten sich im Allgemeinen leichter kreuzen lassen, als nahe verwandte Arten im Naturzustand. Durch die Domestication wird aber im Ganzen die Constitution geschwächt, was sich dann besonders an den Geschlechtsproducten geltend macht, da, wie bekannt, der Generationsapparat bei allen Veränderungen im Körper in Mitleidenschaft gezogen wird.

Zum Schluss seiner Mittheilung geht Vortragender noch auf die Frage nach den Ursachen ein, von welchen es abhängt, dass zwischen manchen Arten die Bastardirung leichter als zwischen anderen Arten gelingt.

Pflüger und Born machen hierfür äussere nebensächliche Momente verantwortlich und legen namentlich auf die Form der Spermatozoenköpfe bei den Amphibien ein besonderes Gewicht, indem sie behaupten, dass Samenfäden mit spitzen Köpfen, weil sie die Eihüllen leichter durchdringen können, Bastardirung eher ermöglichen, als solche mit stumpfen Köpfen.

Bei den Echiniden sind Unterschiede in der Form der Spermatozoen nicht wahrzunehmen. Die Ursachen für das Gelingen oder Nichtgelingen der Bastardirung müssen in einer ganz andern Richtung gesucht werden. Es kann nur die Constitution oder die innere Organisation der Geschlechtsproducte selbst sein, welche das Gelingen der Kreuzbefruchtung bestimmt. Volle Fruchtbarkeit oder wie wir an chemische Bezeichnungen anknüpfend auch sagen können, volle geschlechtliche Affinität findet nur statt zwischen den Geschlechtsproducten ein und derselben Art. Sie erlischt allmählich in demselben Maasse, als die Geschlechtsproducte einander unähn-

licher werden. In der Eizelle sind regulatorische Kräfte vorhanden, welche den normalen Verlauf der Befruchtung garantiren und Bastardbefruchtung ebensogut wie Ueberfruchtung zu verhindern streben. Diese regulatorischen Kräfte können mehr oder minder ausser Thätigkeit gesetzt werden, wenn die Lebensenergie der Eizelle eine Verminderung erfährt.

Welcher Art diese Kräfte sind und ob sie im Protoplasma oder im Kern ihren Sitz haben, muss noch durch weitere Untersuchungen entschieden werden.

Nachtrag zur Sitzung vom 28. November 1884.

Herr Professor Hertwig hielt einen Vortrag über das Problem der Befruchtung und der Isotropie des Eies und entwickelte hierbei

eine Theorie der Vererbung.

Nachdem er die Gründe angeführt hatte, welche dafür sprechen, dass die Kernsubstanz der Befruchtungsstoff ist, welcher die Entwicklungsprocesse erregt, stellte er die These auf, dass die befruchtende Substanz zugleich auch Träger der Eigenschaften ist, welche von den Eltern auf ihre Nachkommen vererbt werden. Von verschiedenen Gesichtspunkten aus suchte Vortragender diese These in folgender Weise näher zu begründen:

Die Thatsache, dass alle auf geschlechtlichem Wege erzeugten Organismen im Allgemeinen beiden Eltern gleich viel ähneln, lässt auf eine Aequivalenz der wirksamen Keimstoffe schliessen; d. h. die Kinder werden von Vater und Mutter gleiche Mengen wirksamer Theilchen, welche Träger der vererbten Eigenschaften sind, empfangen. Ei- und Samenzelle weichen aber an Grösse ausserordentlich von einander ab. Soll daher eine Aequivalenz stattfinden, so kann nicht die ganze Eisubstanz, welche an Quantität die Spermasubstanz um Vieles übertrifft, in Bezug auf die Uebertragung von Eigenschaften wirksam sein.

Die einzigen Theile, welche in den beiden Geschlechtsproducten in ihrer Beschaffenheit einander entsprechen, sind Ei- und Samenkern. Dieselben kommen bei der uns beschäftigenden Frage um so mehr in Betracht, als auch von ihnen allein der Beweis geführt werden kann, dass sie beim Befruchtungsvorgang in Wirksamkeit treten und durch ihre Copulation die Entwicklung anregen. Hierdurch wird es nahe gelegt, daran zu denken, dass das

in den Kernen enthaltene Nucleïn die Substanz ist, welche nicht allein befruchtet, sondern auch die Eigenschaften vererbt.

Wie vom Vortragenden in mehreren Arbeiten hat gezeigt werden können, befindet sich auch das Nucleïn, was für die hier vertretene Auffassung von nicht geringer Bedeutung ist, vor, während und nach der Befruchtung in einem organisirten Zustand. Es erscheint daher die Befruchtung und Vererbung nicht nur als ein chemisch physikalischer Vorgang, wie die Physiologen meist anzunehmen pflegten, sondern gleichzeitig auch als ein morphologischer Vorgang, insofern ein geformter Kerntheil des Spermatozoon in das Ei eingeführt wird, um sich mit einem geformten Kerntheil des letzteren zu verbinden.

Zu Gunsten seiner Befruchtungs- und Vererbungstheorie lenkt Vortragender auch noch die Aufmerksamkeit auf die Erscheinung der Polyspermie und der von Pflüger entdeckten Isotropie des Eies.

Nach einer Hypothese von Fol würde der Anstoss zur Entstehung von Mehrfachbildungen von der Anzahl der eingedrungenen Spermakerne ausgehen, welche sich in die Substanz des Eikerns theilen, so dass jetzt anstatt eines normalen Keimkerns zwei Keimcentra vorhanden sind. Die mehrfachen Keimkerne, indem sie sich mit Dotter umgeben, sind also die Ursache, dass in einer gemeinsamen Eihülle aus einem Dotter mehrere Individuen entstehen.

Was den zweiten Punkt betrifft, so hat Pflüger durch einige Experimente am Froschei erwiesen, dass der Dotter nicht so organisirt ist, dass aus einer bestimmten Portion desselben ein bestimmtes Organ hervorgehen müsste, wie His mit seinem Princip der organbildenden Keimbezirke angenommen hatte. Ob sich bei der Theilung die Kerne mit diesem oder jenem Theil der Dottersubstanz umgeben, ist nicht von Bedeutung. Auch in dieser Beziehung scheinen an die Kernsubstanz die Kräfte gebunden zu sein, durch welche die Organisation des Thieres bestimmt wird.

Im Laufe seiner Auseinandersetzungen ging Vortragender auch auf die jüngst von Nägeli veröffentlichte „Mechanisch physiologische Theorie der Abstammungslehre" ein und hob hervor, dass hier Nägeli aus theoretischen Gründen zu der Auffassung gelangt ist, nicht das ganze Eiplasma, sondern nur ein geringer, etwa einem Spermatozoon entsprechender Bruchtheil könne Vererbungsstoff sein, welcher sich zugleich in einem organisirten Zustand befinden müsse. Nägeli unterscheidet beide Substanzen als Ernährungsplasma und Idioplasma. Letzteres denkt er sich

netzartig im ganzen Ei ausgebreitet. Vortragender betonte, wie in dieser Art die Nägelische Vererbungstheorie eine der thatsächlichen Begründung entbehrende, in der Luft schwebende Abstraction sei, wie aber für weitere Untersuchungen ein fester Boden geschaffen werde, wenn man annehme, dass der Vererbungsstoff oder das Idioplasma Nägeli's die Kernsubstanz (Nuclein) sei.

Vortragender fasste seine Vererbungstheorie schliesslich in folgenden Sätzen zusammen:

Die mütterliche und die väterliche Organisation wird beim Zeugungsact auf das Kind durch Substanzen übertragen, welche selbst organisirt sind, das heisst, welche eine sehr complicirte Molecularstructur im Sinne Nägeli's besitzen.

Als die Anlagen von complicirter molecularer Structur, welche die mütterlichen und väterlichen Eigenschaften übertragen, können wir die Kerne betrachten, da sie sich in den Geschlechtsproducten als die einzigen einander äquivalenten Theile ergeben, da wir an ihnen allein ausserordentlich bedeutsame Vorgänge bei dem Befruchtungsakt beobachten, und da wir von ihnen allein den Nachweis führen können, dass von ihnen der Anstoss zur Entwicklung ausgeht. Während der Entwicklung und Reifung der Geschlechtsproducte sowie bei der Copulation derselben erfahren die männlichen und die weiblichen Kernsubstanzen, wie eingehende Beobachtung lehrt, niemals eine Auflösung, sondern nur Umbildungen in ihrer Form, indem Eikern und Spermakern, der eine vom Keimbläschen, der andere vom Kern der Samenmutterzelle abstammen [1]).

1) Ueber den in meiner Schrift: (Untersuchungen zur Morphologie und Physiologie der Zellen, Heft 3, 1884) namhaft gemachten Forschern, welche schon im Kern das Vererbungsorgan vermuthet haben, ist nach C. Hasse zu nennen. In seiner Abhandlung „Morphologie und Heilkunde", 1880, unterscheidet er in der Zelle, wie L. Beale, Embryonalbestandtheile und Umbildungsbestandtheile und fügt in einer Anmerkung hinzu: „dass diejenigen Eigenschaften, welche primär von dem Organismus oder den Organismen auf den Tochterorganismus, von der Mutterzelle auf die Tochterzelle als bleibende übergehen, vererbt werden, vor allem den Embryonalbestandtheilen, welche ja meistens Kernbestandtheile sind, inhäriren, während das, was dem Tochterorganismus, was der Tochterzelle secundär als besondere Organisation unter der Einwirkung besonderer äusserer Einflüsse als erworben zukommt, wesentlich von den Umbildungsbestandtheilen, die ja vorwiegend dem Zellkörper, dem Protoplasma angehören, ausgeht."

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena.

Sitzungsberichte 1885.

II. Heft.

5. Sitzung am 1. Mai 1885.

Herr Sohncke sprach

Ueber den Ursprung der Gewitter-Elektricität.

Um über den Ursprung der Gewitter-Elektricität mehr als blosse Vermuthungen aussprechen zu können, muss man sich vor allen Dingen mit den atmosphärischen Bedingungen vertraut machen, unter denen die Gewitter aufzutreten pflegen. Zu dem Zweck sind zunächst zwei allgemeine meteorologische Vorbetrachtungen nöthig: eine über die durchschnittliche Temperaturabnahme mit zunehmender Höhe in der freien Atmosphäre; die andere über die Natur der höheren Wolken.

Ueber den ersten Punkt sind uns durch die Beobachtungen mehrerer wissenschaftlicher Luftfahrer, insbesondere J. Glaishers, ziemlich viele Daten zur Verfügung gestellt. Auf Grund seiner zahlreichen Luftreisen stellt Glaisher eine Tabelle auf, welche ersehen lässt, um wieviel durchschnittlich die Temperatur abnimmt bei Erhebung bis zu 1000 Fuss, 2000 Fuss, 3000 Fuss u. s. f. Aus dieser Tabelle geht hervor, dass selbst in den heissen Sommermonaten durchschnittlich schon in einer Höhe zwischen 3 und 4000 Metern Gefriertemperatur angetroffen wird.

Im Allgemeinen muss die Gesammtheit derjenigen Punkte des Luftraums, in denen in einem gegebenen Augenblick die Temperatur 0° herrscht, auf einer gewissen Fläche liegen, welche als „Isothermfläche Null“ bezeichnet werden soll. Es ist nun von besonderem Interesse zu ermitteln, ob das eben aus Glais-

hers Fahrten gewonnene Ergebniss über die Höhenlage dieser Fläche im Hochsommer auch durch andere Luftreisen bestätigt wird. Um hierüber ein Urtheil zu gewinnen, habe ich eine Zusammenstellung von solchen Luftreisen gemacht, bei denen hinreichende Angaben mitgetheilt sind, um aus ihnen die Höhenlage der Isothermfläche Null abzuleiten. Die so gewonnene Tabelle umfasst 23 Luftreisen, ausgeführt zu den verschiedensten Jahreszeiten von 8 verschiedenen Luftfahrern; etwa die Hälfte der Fahrten fällt auf die Sommermonate. Die Schlüsse, zu denen diese Tabelle berechtigt, sind folgende:

In den heissesten Sommermonaten befindet sich die Isothermfläche Null durchschnittlich nur in 3 bis 4000 Metern Höhe, sie sinkt aber selbst in dieser Zeit gelegentlich sogar bis gegen 2000 Meter Meereshöhe. Im Allgemeinen steigt sie im Laufe des Vormittags, und zwar — wie es scheint — schneller mit der grösseren Annäherung an die Mittagszeit; dagegen sinkt sie im Laufe des Nachmittags, und zwar — wie es scheint — schneller mit der grösseren Entfernung von der Mittagszeit. Ihre Höhenlage kann sich schon in 1 bis 2 Stunden um 2000 Meter ändern. Der Uebergang aus dem Steigen in's Sinken erfolgt wohl nicht genau um die Mittagszeit, sondern vielleicht ein oder einige Stunden verspätet, wohl wechselnd mit der Jahreszeit.

Ein besonderes Interesse besitzt nun die Kenntniss der Temperaturabnahme an Gewittertagen, womöglich nahe vor dem Gewitter. Hierüber liegen nur sehr wenig Angaben vor.

Glaisher machte am 31. August 1863 Nachmittags 6^h eine Fahrt, nachdem am Morgen um 8^h ein Gewitter stattgefunden hatte. Er erreichte zwar die Isothermfläche Null nicht, fand aber schon in 2300 Meter Höhe $+ 1^0$ C. Bei keiner der 6 anderen mir bekannt gewordenen Fahrten im August und Septemberanfang hat in gleicher Höhe eine ebenso niedrige Temperatur geherrscht.

Flammarion war während der Gewitternacht vom 14./15. Juli 1868 unterwegs und fand 0^0 in 2400 Meter, allerdings Morgens um 4^h 26^m. Unter allen Hochsommerfahrten ist es nur eine einzige, bei der die Isothermfläche Null noch tiefer liegend angetroffen wurde.

Welsh war am 17. August 1852 Nachmittags zwei Stunden vor Ausbruch eines Gewitters in der Luft; um 5^h lag die Iso-

thermfläche Null 3500 Meter hoch, sie war aber in rascher Senkung begriffen. Bei keiner von seinen übrigen drei Fahrten fand Welsh eine so schnelle Temperaturabnahme nach oben, als bei dieser Fahrt.

Schon Kämtz hat auf Grund der starken Strahlenbrechung, die oft bei schwüler Gewitterluft beobachtet worden, den Schluss gezogen, dass die schnelle Aenderung der Temperatur mit der Höhe eine wichtige Bedingung für die Ausbildung der Gewitter, besonders im Sommer, sei. Um nun genauere Data zum Beweise hierfür zu finden, habe ich eine kleine meteorologische Untersuchung angestellt, betreffend die kurz vor Gewittern vorhandene Temperaturdifferenz zwischen Freiburg im Breisgau und dem 719 Meter höher gelegenen Höchenschwand auf dem Schwarzwald. Ich fand, dass unter 17 Fällen, die in den Jahren 1880 und 1881 sich als geeignet zur Vergleichung erwiesen, nur in dreien die Temperaturdifferenz nahe vor dem Gewitter kleiner war als sonst durchschnittlich zu jener Tages- und Jahreszeit, in allen anderen aber grösser.

Nach alledem kann als charakteristisch für die Wetterlage vor den Gewittern, wenigstens in den meisten Fällen, die besonders schnelle Temperaturabnahme nach oben gelten, und im Zusammenhange damit natürlich die besonders niedrige Lage der Isothermfläche Null.

Zweitens muss das Augenmerk auf die Beschaffenheit der höheren Wolken gerichtet werden, zunächst im Allgemeinen, sodann speciell bei Gewittern. Offenbar müssen solche Wolken, die oberhalb der Isothermfläche Null schweben, im Allgemeinen aus Eistheilchen gebildet sein, obschon natürlich das Vorkommen von Wolken aus überkälteten Wassertheilchen nicht ausgeschlossen ist. Das Aussehen der Eiswolken ist übrigens von dem der Wasserwolken ziemlich verschieden; man kennt erstere als Federwolken (Cirri), letztere als Haufwolken (Cumuli). Beobachtungen über Wolkenhöhen, theils bei Luftfahrten, theils vom Erdboden aus angestellt, lehren übereinstimmend, dass die Grenze beider Wolkenarten im Hochsommer etwa bei 4000 Meter liegt, was mit den vorigen Ermittelungen über die Lage der Isothermfläche Null ungefähr übereinstimmt. Hiernach ist es nicht verwunderlich, dass Luftfahrer wiederholt sogar im Hochsommer in Schneewolken hineingekommen sind, so Glaisher am 26. Juni 1863 zwischen 3300 und 4200 Meter, Fonvielle am 4. Juli 1875 bei 3450 Meter,

Barral und Bixio am 27. Juli 1850 zwischen 4500 und 6300 Meter, Welsh am 17. August 1850 bei 5900 Meter.

Während die Unterscheidung der Eis- und Wasserwolken vom Erdboden aus, nach dem blossen Aussehen, immerhin etwas zweifelhaft bleibt, so hat man doch in vielen Fällen ein untrügliches Mittel zu solcher Unterscheidung, das ist die Beschaffenheit der Höfe um Sonne und Mond, die sehr häufig in dünnen Wolkenschleiern sich zeigen. Es steht zweifellos fest, dass die Lichtringe oder Höfe grosser Art von etwa 22° Halbmesser durch Lichtbrechung in Eiskrystallen entstehen. (Dieser Winkel ist derjenige der Minimalablenkung für Strahlen mittlerer Brechbarkeit beim Durchgange durch Eisprismen von 60°.) Dagegen verdanken die kleinen Höfe von 1° bis 6° Halbmesser der Beugung des Lichts an gleichgrofsen Kügelchen ihre Entstehung. Nun sind die Ringe keineswegs so selten, als man gemeiniglich glaubt. Hr. Galle konnte während 1½ Jahren 78 Ringe und etwa ebensoviele Nebensonnen etc. beobachten, und zwar auch oft im heissen Sommer. Am nachdrücklichsten hat Kämtz auf die Wichtigkeit und Untrüglichkeit dieses optischen Unterscheidungsmittels beider Wolkenarten hingewiesen.

Nach diesen Vorbetrachtungen wenden wir uns zu den Gewittern. Am genauesten kennt man die lokalen oder Wärmegewitter (identisch mit den meisten Sommergewittern), während die grossen Wirbelgewitter noch weniger erforscht sind. Bei den ersteren verräth das Aussehen der Wolken, welche als riesige Cumulussäulen hoch in den Himmel aufsteigen, dass sie einem starken aufsteigenden Luftstrome von grossem Feuchtigkeitsgehalte ihre Entstehung verdanken. Nun ist nach Hr. Reye die Hauptbedingung für das Zustandekommen eines nachhaltig aufsteigenden feuchten Luftstroms die besonders schnelle Temperaturabnahme in der Umgebung, während ja in dem Strome selbst in Folge der Condensationswärme der sich niederschlagenden Wassertheilchen die Temperaturabnahme nach oben wesentlich verlangsamt ist. Die Temperaturvertheilung in der Atmosphäre ist also hierbei eine solche, dass die Isothermfläche Null im aufsteigenden Strome besonders hoch gehoben ist, während sie ausserhalb desselben eine besonders niedrige Lage hat. So kommt also tropfbares Wasser in die Eisregion hinauf; es müssen sich Eiswolken und Wasserwolken nebeneinander finden. Steigt der feuchte Strom hinreichend weit auf, so sinkt auch seine Temperatur auf

oder unter 0°, und er giebt zur Entstehung von Cirruswolken, von Schnee und Hagel Anlass, welch' letzterer ja ein häufiger Begleiter von Gewittern ist. Dass die Höhe des Sitzes der Gewitter ja nicht unterschätzt werden darf, hebt schon Kämtz auf Grund seiner Beobachtungen im Hochgebirge hervor; die gewöhnlichen, auf Blitz- und Donnerbeobachtung gegründeten Messungen über die Höhe von Gewitterwolken dürfen hier nicht herbeigezogen werden, denn sie lehren (und auch das nur höchst ungenau) meist nur die Lage besonders tiefer Theile der Gewitterwolken kennen.

Dass in der That stets, und nicht nur bei den lokalen Gewittern, sondern auch bei denen der anderen Art, Wasser- und Eiswolken gleichzeitig am Himmel sind, bezeugen übereinstimmend Hann und Kämtz. Ersterer schildert als stets bei Gewittern vorhanden die Cirrostratusdecke, letzterer hat stets vor Gewittern, sobald er überhaupt den Uebergang vom klaren Himmel bis zur dichten Bewölkung verfolgen konnte, Höfe grosser Art, d. h. das charakteristische Anzeichen der Anwesenheit von Eistheilchen in der Luft, beobachten können. Auch bei allen drei vorher erwähnten Luftfahrten an Gewittertagen sind Eistheilchen als in der Luft anwesend beobachtet worden.

Indem sonach festgestellt ist, dass bei jedem Gewitter Wolken, die aus Wassertheilchen bestehen, und solche, die aus Eistheilchen gebildet sind, in der Höhe gleichzeitig nebeneinander vorhanden sind, und dass sie natürlich in starker gegenseitiger Lagenänderung begriffen sind, so liegt die Vermuthung sehr nahe, dass die Reibung von Wassertröpfchen und Eistheilchen als Elektricitätsquelle dient. Dies ist nun aber keineswegs eine blosse Vermuthung, sondern es ist eine schon von Faraday festgestellte Thatsache. Bei seinen Versuchen über die Ursache der Elekricitätserregung bei der Armstrongschen Dampfelektrisirmaschine, die auf's mannigfaltigste von ihm abgeändert wurden, liess er auch wiederholt komprimirte Luft ausströmend gegen feste Körper stossen. Die bei der Expansion der Luft entstehende Abkühlung veranlasst eine ausgiebige Nebelbildung, und die Reibung dieser Tröpfchen an den getroffenen Körpern erregt die Tröpfchen jedesmal +, die geriebenen festen Körper —. Nur bei der Reibung der Tröpfchen an Eis wurde letzteres +, ein Mal wie das andere, während dazwischen Holz und Metall durch die Tröpfchenreibung — elektrisirt wurden.

Diese Faradayschen Versuche habe ich vielfach wiederholt und, wie zu erwarten, durchaus bestätigt gefunden. Natürlich

hat man mancherlei Vorsichtsmassregeln zu befolgen, wenn man nicht durch scheinbar widersprechende Ergebnisse aufgehalten werden will. Die hauptsächlichsten Störungen können entstehen einestheils durch mitgerissene Fettpartikelchen von der Hahnenfettung, anderentheils durch Reibung der Tröpfchen am Hahnkanal, sobald man nicht schnell genug aufdreht; im letzteren Fall nämlich werden die Tröpfchen schon hier + und geben diese Elektricität an den entgegenstehenden Körper ab, wobei dann die Elektrisirung durch Reibung an letzterem theilweise oder gänzlich verdeckt wird. Je kälter das Eis, um so stärker elektrisch wird es, was mit der Zunahme seines Isolationsvermögens bei abnehmender Temperatur zusammenzuhängen scheint.

Wenn also Luftströme an einander hinfliessen, von denen der eine Eistheilchen, der andere Wassertheilchen führt, so werden die Eistheilchen positiv, die Wassertheilchen negativ elektrisch, und da keineswegs eine schnelle Vermischung von beiderlei Luftströmen einzutreten braucht, wie u. A. aus verschiedenen Beobachtungen an Rauch-beladenen Luftströmen bei Laboratoriums-Versuchen hervorgeht, so werden die entgegengesetzt elektrisirten Körper auch schnell auseinander geführt.

In den hier geschilderten Vorgängen scheint mir die eigentliche Ursache der Gewitter-Elektricität zu liegen. Wie sich nun die weiteren Erscheinungen beim Gewitter gestalten: Das zu erörtern liegt nicht in meiner Absicht.

Eine eingehendere Darstellung der hier nur in aller Kürze skizzirten Theorie, sowie der zu ihrem Beweise dienenden fremden und eigenen Beobachtungen, findet man in einem eigenen Schriftchen (Der Ursprung der Gewitter-Elektricität und der gewöhnlichen Elektricität der Atmosphäre. Jena, G. Fischers Verlagshandlung.), dessen Druck demnächst beendet sein wird.

---

6. Sitzung am 15. Mai 1885.

1) Zuerst sprach Herr Karl Bardeleben

Zur Morphologie des Hand- und Fussskelets.

M. H. Seit über zwei Jahren mit der Entwickelungsgeschichte des Tarsus beschäftigt, hatte ich zuletzt in der dritten Sitzung unserer Gesellschaft, am 6. Februar d. J., die Ehre, hierüber und zwar über die normale embryonale Zweiteilung des Naviculare tarsi

beim Menschen, sowie über das Rudiment einer neuen Zehe bei einem niederen Säugethiere Mitteilung zu machen. Meine Absicht, auf einer grösseren Studienreise das Material für die endgiltige Lösung der Fragen vom Tarsus und Carpus der Säugethiere zu sammeln, ist bis auf Weiteres durch äussere Umstände vereitelt worden, jedoch war es mir gestattet, wiederum, wie 1883, in dem Berliner anatomischen Museum einige Wochen zu arbeiten, wofür ich Herrn Geheimerath Waldeyer zu grossem Danke verpflichtet bin. Auch in dem der Direction des Herrn Prof. Hertwig unterstellten hiesigen Museum fand ich reichliches Material für die vorliegenden Fragen.

Obwohl ich inzwischen durch die Güte der Herren von Kölliker und Stöhr in Würzburg, M. Fürbringer in Amsterdam in den Besitz von Beutelthier-Embryonen gelangt bin, sind doch meine vergleichend-embryologischen Untersuchungen noch lange nicht abgeschlossen. Wenn ich es trotzdem wage, heute Mitteilungen zu machen, welche einstweilen nur auf vergleichend-anatomischer, makroskopischer Basis fussen, so geschieht dies mit Rücksicht auf den Umstand, dass auch andere Forscher dies Gebiet bearbeiten, und in der Ueberzeugung, mehrere neue gesicherte Thatsachen bringen zu können.

Die Fragen, welche ich mir vorgelegt habe, sind folgende:

1) Kommt ein Rudiment einer sechsten, besser 0ten Zehe allgemeiner bei Säugethieren vor?

2) Wo ist eine normale Teilung des Naviculare tarsi vorhanden? Zerfallen vielleicht noch andere Tarsusknochen in mehrere Elemente?

Da ferner zum Vergleiche eine eingehendere Untersuchung des Carpus und seiner Nachbarschaft notwendig wurde, ergaben sich noch folgende, den obigen entsprechende Fragen:

3) Kommt das Rudiment eines sechsten, besser 0ten Fingers bei Säugethieren allgemeiner vor?

4) Wie verhalten sich Centrale, event. Centralia, Carpale I, Hamatum?

Durchgesehen wurden alle fünfzehigen resp. fünffingerigen Säugethierordnungen, nämlich: Monotremen, Beutelthiere, Edentaten, Cetacea, Proboscidea, Pinnipedia, Halbaffen, Nager, Raubthiere, Insectivoren, Fledermäuse, Affen, — von den Aplacentalen besonders die Beutelthiere, von den Placentalen die Deciduata. Genau untersucht (Aufweichung der betreffenden Teile in Wasser

Loupe, Zeichnung) wurden ca. 80 Species, zur Vergleichung äusserlich (trocken) betrachtet mehrere hundert Arten.

Die Ergebnisse sind in Kürze folgende:

1) Das Rudiment einer innen (tibial) vom Hallux liegenden Zehe, ein Tarsale oder Metatarsus 0 oder des **Praehallux** (wie ich von jetzt an sagen werde) kommt vor bei Monotremen; — amerikanischen Beutelthieren (z. B. Didelphys cancrivora, aurita, marsupialis, Azarae; Chironectes variegatus); — Edentaten (z. B. Myrmecophaga „tetradactyla", jubata; Dasypus); — Carnivoren (z. B. Lutra brasiliensis, platensis; Paradoxurus typus); — Nagern (z. B. Bathyergus maritimus; Heliophobius argentocinereus; Myoxus glis; Georhychus capensis; Arctomys marmotta; Castor fiber); — Insectivoren (z. B. Talpa europaea; Centetes madagascariensis, ecaudatus); — Affen (z. B. Mycetes).

Das Rudiment des Praehallux articulirt nur am Tarsale I (1. Keilbein) bei Beutelthieren, vielen Carnivoren, Insectivoren, — am Tarsale I oder am Naviculare bei Edentaten und Nagern, an beiden Knochen bei einigen Carnivoren (Paradoxurus), zwischen Tarsale I und Metatarsus I bei Affen.

2) Eine Zweiteilung des ersten Keilbeins ist angedeutet bei Didelphys; beim Menschen kommt dies bekanntlich als Varietät vor, vgl. Wenzel Gruber u. A. (Ein neuer Fall aus der letzten Macerir-Periode der Anatomie Jena wird vorgezeigt.)

Das Naviculare tarsi zerfällt in zwei Knochen bei Nagern (Meckel), ferner bei Monotremen. Angedeutet ist die Teilung durch eine der Gelenklinie bei Nagern entsprechende Naht (Furche, Rauhigkeit) bei Carnivoren (z. B. Herpestes fasciatus, Paradoxurus typus, Lutra brasiliensis) und Insectivoren (Centetes), also wohl hier embryonal angelegt.

Am Cuboideum findet sich nur bei Beutelthieren eine Furche oder Incisur, in der Flucht der Grenze zwischen 4. und 5. Metatarsus. Das bei Affen am lateralen Rande des Würfelbeins, hinter der Basis des fünften Mittelfussknochens gelegene accessorische Knöchelchen ist ein Sesambein (Sehne des Peroneus longus).

3) Das Rudiment eines sechsten resp. 0ten Fingers, ein Carpale oder Metacarpus 0 oder des **Praepollex** findet sich bei erwachsenen Beutelthieren nur andeutungsweise, dagegen besitzen es Edentaten (Myrmecophaga), Halbaffen (z. B. Stenops, Otolicnus, Tarsius, Lemur), Nager (z. B. Cercolabes, Myopotamus, Bathyergus, Arctomys), Carnivoren (z. B. Herpestes, Gulo, Felis,

Lutra, Cercoleptes), Insectivoren (z. B. Scalops, Centetes, Talpa), Fledermäuse (z. B. Pteropus) und Affen (z. B. Cercopithecus, Cynocephalus).

Am Carpale I befindet es sich bei Halbaffen und Insectivoren, zwischen Naviculare und Metacarpus I bei Nagern und Carnivoren (bei denen das Carpale I ulnarwärts verschoben ist), zwischen Naviculare und Carpale I bei Affen.

Dass auch beim Menschen überzählige Finger und Zehen vorkommen, ist bekannt. Besonderes Interesse verdienen nach dem oben angeführten diejenigen Fälle, in denen überzählige Finger oder Zehen an der inneren (radialen, tibialen) Seite, d. h. als Vordaumen oder Vorzehe auftreten. Diese müssen m. E. von jetzt an aus der Rubrik „Missbildungen" in die der theromorphen „Varietäten" (Atavismus) versetzt werden. Die oben angeführten Thatsachen sind geeignet, wenn nicht eine „Erklärung" zu geben, so doch uns ein Verständnis für solche Bildungen zu eröffnen, zumal wenn es sich, wie so oft, um direct erbliche Vorkommnisse (Familien) handelt. Ganz besonders wichtig erscheinen Fälle, wo gleichzeitig sechs Finger und sechs Zehen vorhanden sind. Leider bekommen wir Anatomen nur selten derartiges zu sehen, da uns die Chirurgen von anderem Gesichtspunkte aus zuvorzukommen pflegen.

4) Deutliche Anzeichen einer früheren Trennung in zwei Elemente zeigt das Hamatum bei den Beutelthieren, weniger auffallend bei den Nagern, sowie bei Ziphius (Hyperoodon). In zwei Stücke getrennt, aber, auf der einen Seite wenigstens, schon im Verwachsen begriffen ist es an dem Skelete eines jungen Bären in Berlin (No. 3378 ♀). Bei einem noch jüngeren Exemplar von Ursus arctos („pullus", No. 25065), von 27 cm Wirbelsäulenlänge, ist der ulnare Teil des Hamatum noch knorpelig, der radiale (Carpale IV) knöchern. Danach scheint der Knochenkern des „Carpale V" erst später aufzutreten.

Das Multangulum majus (Carpale I, Trapezium) zeigt mannigfaltige Abweichungen in der Lage (s. o.), Grösse und Form, die in Beziehung zum Rudimente des Praepollex stehen. Kurze Angaben lassen sich darüber nicht machen.

Sehr auffallend und so weit mir bekannt, bei Säugethieren noch niemals beobachtet ist der Befund bei Centetes madagascariensis. Hier sind **zwei Centralia** getrennt vorhanden. Im Ganzen enthält die Handwurzel bei diesem Thiere einschliesslich des reducirten Vordaumens elf Knochen: Naviculare (Radiale), Lu-

natum (Intermedium$_1$), Triquetrum (Intermedium$_2$ oder Ulnare?), Pisiforme (Ulnare oder 7. Strahl?), Praepollex-Rudiment, Centrale I (zwischen Naviculare, Lunatum, Carpale I, Carpale II und Centrale II), Centrale II (zwischen Lunatum, Centrale I, Carpale III und Hamatum), die vier Carpalia, von denen das vierte (Hamatum) doppelt so breit ist, wie die übrigen. (Bei Centetes ecaudatus ist das Centrale II mit dem Lunatum verschmolzen, die Naht aber noch sichtbar.)

Betreffs der Homologisirung zwischen Carpus und Tarsus verweise ich auf die schon früher in Aussicht gestellte ausführliche Arbeit, besonders die embryologischen Untersuchungen. Dort sollen auch die zoologischen, phylogenetischen Folgerungen, welche sich aus den mitgeteilten Befunden ergeben, näher besprochen werden.

Als Demonstrationsobject für gleichzeitiges Vorkommen von Praehallux- und Praepollex-Rudiment empfiehlt sich der Maulwurf. (Folgen Demonstrationen und Discussion.)

2) Darauf machte Herr Liebscher eine Mittheilung

Ueber die Abfälle der Fabrikation von Knöpfen aus dem Endosperm der Steinnuss (Phytelephas macrocarpa).

Diese Dreh- und Bohr-Spähne wurden bisher als absolut werthlos angesehen und dienten als Verpackungsmaterial etc., vielfach auch zur Verfälschung von Hornspähnen, Knochenmehl und Palmkuchenmehl. Die Untersuchung einer als „Palmkernschrot" bezeichneten Probe solcher Steinnussspähne ergab der Versuchsstation zu Jena das auffällige Resultat, dass darin 15,75 % Proteïn gefunden wurde, während man bisher nur etwa 4 % Proteïn als den Gehalt dieser Substanz annahm. Es galt nun mikroskopisch Aufklärung darüber zu schaffen, ob etwa eiweissreiche Substanzen mit den Spähnen gemischt seien, und hierbei stellte es sich heraus, dass den bisher veröffentlichten Analysen zum Trotze die Steinnussspähne als ein werthvolles Futtermittel anzusehen sind. Ihre elfenbeinharten Zellwände ergaben sich als aus völlig unverholzter Cellulose bestehend, welche bei der Rohfaserbestimmung sich zum grössten Theile auflöst. In jeder Zelle fand sich eine ziemlich bedeutende Menge schleimigen Protoplasmas, welches zu 87,5 % aus leicht in Wasser löslichem Pflanzenalbumin besteht. Nach diesem Befunde liess sich erwarten, dass die Steinnussspähne als Futtermittel gleichwerthig seien mit Palmkuchen und dass sie überdies zur Darstellung von Albumin

für Färbereizwecke Verwendung finden können. Die erstere Erwartung hat sich bereits bei einem vom Ref. vorgenommenen Fütterungsversuche bestätigt.

Anschliessend hieran bespricht Ref. kurz ein in derselben Substanz von ihm aufgefundenes Alkaloid, das Phytelephantin.

---

7. Sitzung am 5. Juni 1885.

1) Herr W. Preyer sprach

Ueber die sogenannte Gedankenübertragung (*suggestion mentale*)

mit besonderer Rücksicht auf die Versuche von Charles Richet in Paris, welche eine unmittelbare Einwirkung der Vorstellungen eines Menschen auf die eines anderen ohne sprachliche oder sonstige Zeichen darthun sollen.

Der Vortragende zeigte, dass dieser Beweis hinfällig ist. Der Fehler beruht auf einer theils unzulässigen, theils unrichtigen Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung.

2) Darauf sprach Herr Sohncke

Ueber den Ursprung der gewöhnlichen Luftelektricität,

d. h. jener Elektricität, die stets in der Atmosphäre nachweisbar ist, gänzlich unabhängig von Gewittererscheinungen. Weil der Inhalt des Vortrags mittlerweile ausführlich in dem Schriftchen: „Ueber den Ursprung der Gewitter-Elektricität und der gewöhnlichen Elektricität der Atmosphäre. Jena, Fischer 1885“ gedruckt ist, so soll hier nur ganz kurz darüber berichtet werden.

Die von Faraday entdeckte und vom Vortragenden durch vielfache Wiederholung und Abänderung der Versuche bestätigte Thatsache, dass die Reibung von Wassertröpfchen an Eis eine ergiebige Elektricitätsquelle ist, indem das Eis dabei (+) wird, die Tröpfchen (—), scheint geeignet, auch die verwickelten Verhältnisse der gewöhnlichen Luftelektricität verständlich zu machen.

Wenn zwei Luftströme von verschiedener Temperatur, deren einer Eiskrystalle, der andere Wassertröpfchen mit sich führt, aneinander hinfliessen, so sind die Bedingungen für das Auftreten freier E gegeben. Weil nun in der Atmosphäre durchschnittlich die Temperatur nach oben hin abnimmt, so wird im Allgemeinen der Strom mit den Eistheilchen oberhalb des Stroms mit den

Wassertröpfchen fliessen. Man wird daher, zum Zweck einer vereinfachten schematischen Betrachtung, als Grenze beider Ströme die Isothermfläche von Null Grad annehmen dürfen, oberhalb deren also + *E*, unterhalb deren — *E* sich entwickeln muss. Nun gelangen natürlich die Wassertheilchen, da sie den minder hoch fliessenden Luftströmen angehören, im Allgemeinen früher zur Erde (in der Gestalt von Regen) als die Eistheilchen der oberen Ströme mit ihrer + *E*. Indem die Regentropfen ihre — *E* an die Erde abgeben, so muss die Erdoberfläche negativ elektrisch werden, und sie muss auch negativ bleiben, weil dieser Process sich unaufhörlich wiederholt. In den höheren Luftschichten aber muss die + *E* der geriebenen Eistheilchen vorwiegen. Mit Rücksicht hierauf ist man berechtigt, die Isothermfläche Null, obgleich an ihr beide Arten von *E* entstehen, doch als überwiegend + elektrisch anzusehen.

Man darf nicht meinen, dass die in der Höhe elektrisch gewordenen Theilchen ihre *E* schnell verlieren, denn als Hauptursache der Elektricitäts-Zerstreuung bei unseren Laboratoriumsversuchen ist nach Nahrwolds Untersuchungen (Wiedemanns Annal. d. Physik Bd. 5 pag. 460 1878) der Staub anzusehen, und solcher verunreinigt ja die höheren Luftschichten weit weniger als die tieferen. Auch die Feuchtigkeit der Luft bedingt keineswegs eine leichtere Zerstreuung der Elektricität; das scheint nur so bei unseren Laboratoriumsversuchen, weil die isolirenden Stützen hygroskopisch sind und durch Feuchtigkeitsüberzug leitend werden (Vgl. Warburg in Poggendorffs Annalen 145 p. 578 1872).

Die Reibung von Wasser und Eis in den übereinander fliessenden Luftströmen ist übrigens nicht die einzige Quelle der Luftelektricität. Sobald Nebel oder Gewölk, mögen sie nun aus Eis- oder Wassertheilchen bestehen, heftig reibend an der Erdoberfläche hingetrieben werden, muss nach Faraday's Versuchen die Erde — elektrisch werden, die Eis- oder Wassertheilchen aber +. Diese Ursache wirkt in demselben Sinne wie die zuerst angeführte, soweit es die Elektrisirung der Erde angeht, hingegen erlangen die Wassertheilchen der Wolken hierbei die entgegengesetzte *E* als bei der in der Höhe stattfindenden Reibung an den Eistheilchen. Dieser Umstand trägt jedenfalls mit dazu bei, die Erscheinungen der Luftelektricität so verwickelt zu machen.

Die hiermit ausgesprochene Hypothese der „Tröpfchenreibung, die hauptsächlich gegen die Eistheilchen in der Höhe, zum Theil aber auch gegen den Erdboden

sich vollzieht", ist nun in der That geeignet, alle wesentlichen Erscheinungen der Luftelektricität zu erklären.

Das Vorherrschen der + E folgt unmittelbar daraus, dass sich die Isothermfläche 0°, die ja durchschnittlich als + geladener Körper wirkt, den grössten Theil des Jahres hindurch in der Höhe befindet. Dass die + E sogar geradezu als Schönwetter-Elektricität bezeichnet werden kann, versteht man leicht, wenn man beachtet, dass länger anhaltendes schönes Wetter an die Herrschaft einer Anticyklone gebunden ist, in welcher bekanntlich Luft langsam aus der Höhe herabsinkt. Hier sind also die niedrigeren, — elektrischen Wassertheilchen bereits zur Erde herabgelangt, und die obere Luft mit ihren + Eistheilchen veranlasst + Ausschläge des Elektrometers. Dass in der That bei schönstem Wetter oft Eistheilchen in den höheren Regionen der Atmosphäre existiren können, ohne dass sie von der Erde aus bemerklich sind, lehren Beobachtungen, welche Tissandier, Sivel und Crocé-Spinelli bei Luftreisen gelegentlich gemacht haben.

Regen und hochschwebende Wasserwolken müssen meistens negativ sein in Folge der Reibung an Eis; Wolken in Gebirgen, sowie Nebel werden meistens + sein in Folge der Reibung am Boden. Desgleichen wird sich Schnee meist + erweisen müssen in Folge der Reibung an irgend welchen anderen festen Körpern oder an Wassertröpfchen. Alle diese Folgerungen entsprechen den Erfahrungsthatsachen auf's Beste.

Die grosse Veränderlichkeit der Luftelektricität rührt von dem Vorüberziehen der verschieden stark elektrisirten Theilchen in der Luft, seien es Eis-, Wasser- oder Staubtheilchen. Die meist beobachtete Zunahme der + Spannung nach oben hin folgt aus der Annäherung an die Isothermfläche Null, die als + geladener Körper wirkt, und aus der Entfernung von dem — elektrischen Erdboden. Die Zunahme der atmosphärischen Elektricität gegen den Winter hin, ihre Abnahme gegen den Sommer hin erklärt sich aus dem Sinken und Steigen der Isothermfläche Null mit der wechselnden Jahreszeit. Ebenso begreift man die Tagesperiode der Luftelektricität, (die bekanntlich mit derjenigen des Luftdrucks übereinstimmt), aus dem Auf- und Absteigen jener Fläche.

So erklären sich alle wesentlichen Züge der Luftelektricität aus dieser Theorie.

Zusatz.

Von namhafter Seite sind dem Verfasser privatim Einwürfe gegen diese Theorie gemacht; dieselben sollen hier noch kurz

widerlegt werden. Einerseits hat man die der Theorie zu Grunde liegende Thatsache bezweifelt; andererseits hat man eine andere Quelle der Luftelektricität herbeigezogen, nämlich folgende: Wenn ein elektrischer Strom Wasser durchfliesst, so bewegen sich bekanntlich alle im Wasser suspendirten Körperchen (z. B. Stärkekörnchen so gut wie Luftbläschen) dem + Strome entgegen. (Vgl. Quincke: Ueber die Fortführung materieller Theilchen durch die strömende Elektricität. In Poggend. Annalen 1861 Bd. 113 pag. 513 ff.). Daraus scheint zu folgen, dass alle untersuchten Substanzen, und so auch die Luft, durch Contakt mit Wasser — elektrisch werden. Der Contakt von Luft und Wasser ist es, welcher die Quelle der Luftelektricität sein soll. Hiermit ist aber völlig unvereinbar der ausgesprochene + Charakter der gewöhnlichen atmosphärischen Elektricität beim schönsten Wetter, sowie die — E der hoch schwebenden Wolken und des meisten Regens! Diese Theorie erscheint also unhaltbar.

Was aber den ersten Punkt betrifft, so kann die Elektricitätserregung durch Reibung von Eis und Wassertröpfchen überhaupt nicht mit Fug bezweifelt werden. Zunächst steht nach Faradays Beobachtungen, die von mir im vollen Umfange bestätigt worden sind, fest, dass beim Anblasen von Eis mit einem Tröpfchen-führenden Luftstrom ersteres + wird, dass hingegen irgend ein anderer Körper als Eis, der in derselben Art angeblasen wird, negativ elektrisch wird. Wenn ich hieraus denselben Schluss wie Faraday gezogen habe, dass das Eis durch Reibung mit Wasser +, die übrigen Körper durch Reibung mit Wasser — elektrisch werden, so ist diese Schlussfolgerung jedenfalls die natürlichste. Dass sie die einzig mögliche ist, wird sich sogleich zeigen. Man könnte nämlich höchstens meinen, die von der Luft getragenen Wassertröpfchen brächten bereits + E mit sich, die sie etwa durch Contakt mit der Luft erlangt hätten, und sie gäben diese + E nur an das Eis ab. (Freilich ist dann nicht einzusehen, warum sie solche E nicht auch an andere entgegengehaltene Körper abgeben sollten, sondern letztere stets durch Reibung negativ machen). Diese Deutung des Vorganges ist aber unzulässig, denn so oft ich das Eis oberflächlich anschmolz, bevor ich die Tröpfchen dagegen blies, blieb jede Elektricitätserregung aus, trotzdem dass alle anderen Bedingungen mit derselben Sorgfalt wie bei den übrigen Versuchen eingehalten waren. (Ausführlicheres darüber findet man in meiner oben citirten Schrift). Hier hätten doch

nun die Tröpfchen ihre angebliche + Ladung erst recht an das nasse Eis abgeben müssen. Die positive Elektrisirung von Eis durch Reibung mit Wassertröpfchen ist hiernach eine unumstössliche Thatsache. Und somit scheinen mir die angeführten beiden Einwände endgültig widerlegt.

---

8. Sitzung am 19. Juni 1885.

1) Zuerst trägt Herr Rossbach vor

Ueber die Beziehungen der Nase zum übrigen Körper.

(Ein Bericht ist nicht eingegangen.)

2) Darauf spricht Herr Piltz

Ueber Spiele mit Steinen, welche mit Zahlen beschrieben sind.

(Ein Bericht ist nicht eingegangen.)

---

9. Sitzung am 3. Juli 1885.

1) Herr Binswanger theilt

Neue Untersuchungen zur Pathologie der Hirnrinde

mit.

(Dieselben werden in der Zeitschrift der Gesellschaft veröffentlicht.)

2) Herr Liebscher bespricht die Resultate seiner Versuche zur Vervollkommnung der Methode, welche man anwendet, um wasserreiche Futtermittel, wie Grünfutter, oder Rückstände der Zuckerfabrikation durch Einsäuern in Gruben zu conserviren. Märker wies vor einigen Jahren nach, dass beim Einsäuern von Zuckerfabriksrückständen durch die Gährung bis über die Hälfte der eingemieteten Futtertrakensubstanz verloren gingen. Ref. dagegen fand, dass solche Verlustziffern nur als Folge mangelnder Sorgfalt beim Einmieten zu betrachten seien. Er constatirte, dass unter normalen Verhältnissen in gemauerten Silo's bei halbjähriger Aufbewahrung von der Substanz der eingemieteten Rübenschnitzel nur etwa 8 % durch die Gährung zerstört würden, dass

man aber, um dies Resultat zu erreichen, alles zu vermeiden suchen muss, was den Eintritt einer möglichst reinen Milchsäuregährung verhindert und statt dessen das Auftreten der Buttersäuregährung und Cellulose-Gährung begünstigt, da diese es sind, welche die grossen von Märker beobachteten Verluste veranlassen. Man hat hiernach auf folgende Punkte besondere Aufmerksamkeit zu verwenden:

1) Schnelle Einmietung der Schnitzel, damit dieselben möglichst kurze Zeit der Luft ausgesetzt sind.
2) Anwendung gemauerter, womöglich mit Cement verstrichener Silo's statt der vielfach üblichen Erdgruben, um den Luftzutritt von den Seiten und unten abzuhalten.
3) Festes Einstampfen der Futtermasse, um das Eindringen der Luft unmöglich zu machen.
4) Starkes Bedecken der Masse mit Erde, um dauernd einen grossen Druck darauf auszuüben, welcher ebenfalls den Luftzutritt erschwert.

---

10. Sitzung am 17. Juli 1885.

1) Zuerst spricht Herr Frege

Ueber formale Theorien der Arithmetik.

Unter dem Namen „formale Theorie“ will ich hier zwei Auffassungsweisen behandeln, von denen ich der ersten zustimme, die andere zu widerlegen suche. Die erste besagt, dass alle arithmetischen Sätze allein aus Definitionen rein logisch abgeleitet werden können und demzufolge auch abgeleitet werden müssen. Hierdurch wird die Arithmetik in einen Gegensatz zur Geometrie gebracht, welche, wie wohl kein Mathematiker bezweifelt, gewisser, ihr eigenthümlicher Axiome bedarf, deren Gegentheil — rein logisch betrachtet — ebenso möglich, d. h. ohne Widerspruch wäre. Von allen den Gründen, welche für diese Ansicht sprechen, will ich nur einen hier anführen, der auf der umfassenden Anwendbarkeit der arithmetischen Lehren beruht. In der That kann man so ziemlich Alles zählen, was Gegenstand des Denkens werden kann: Ideales so gut wie Reales, Begriffe wie Dinge, Zeitliches so gut wie Räumliches, Ereignisse wie Körper, Methoden so gut wie Lehrsätze; auch die Zahlen selbst kann man wieder zählen. Es wird eigentlich nichts verlangt als eine gewisse Schärfe der Abgrenzung, eine gewisse logische Vollkommenheit. Daraus ist doch

wohl so viel zu entnehmen, dass die Grundsätze, auf denen sich die Arithmetik aufbaut, sich nicht auf ein engeres Gebiet beziehen dürfen, dessen Eigenthümlichkeit sie so zum Ausdruck bringen wie die Axiome der Geometrie die des Räumlichen; sondern jene Grundsätze müssen sich auf alles Denkbare erstrecken; und einen solchen allgemeinsten Satz zählt man doch wohl mit Recht der Logik zu.

Ich ziehe nun aus dieser logischen oder formalen Natur der Arithmetik einige Folgerungen.

Erstens: es ist keine scharfe Grenze zwischen Logik und Arithmetik zu ziehen; vom wissenschaftlichen Gesichtspunkte aus betrachtet sind beide eine einheitliche Wissenschaft. Wenn man der Logik die allgemeinsten Grundsätze und vielleicht die allernächsten Folgerungen zuweist, der Arithmetik hingegen die weitere Ausbildung, so ist das so, als ob man von der Geometrie eine eigene Wissenschaft der Axiome abtrennen wollte. Nun wird ja die Vertheilung des gesammten Wissensgebietes an die Wissenschaften nicht allein von theoretischen, sondern auch von praktischen Gesichtspunkten bestimmt, und ich will hiermit nichts gegen eine gewisse praktische Trennung sagen; nur darf sie nicht zu einer Kluft werden, wie es jetzt zu beiderseitigem Schaden der Fall ist. Wenn diese formale Theorie richtig ist, so kann die Logik nicht so unfruchtbar sein, wie sie oberflächlich betrachtet und wohl nicht ohne Mitschuld der Logiker erscheinen mag. Und es entbehrt die ablehnende Haltung vieler Mathematiker gegenüber allem Philosophischen jeder sachlichen Rechtfertigung, wenigstens soweit sie sich auf die Logik miterstreckt. Diese Wissenschaft ist keiner geringeren Genauigkeit fähig als wie die Mathematik selbst. Andrerseits kann man den Logikern zurufen, dass sie ihre eigne Wissenschaft nicht gründlich kennen lernen können, wenn sie sich um die Arithmetik nicht bekümmern.

Meine zweite Folgerung ist, dass es keine eigenthümlich arithmetische Schlussweisen giebt, welche sich nicht auf die allgemeinen der Logik zurückführen lassen. Wenn eine solche Zurückführung bei einer Schlussweise nicht möglich wäre, so entstände die Frage nach dem Erkenntnissgrunde für ihre Richtigkeit. Die räumliche Anschauung kann es in der Arithmetik nicht sein; denn dadurch würde diese Wissenschaft auf das Geometrische, wenigstens in Bezug auf einen Theil ihrer Sätze eingeschränkt werden; physikalische Beobachtung ebensowenig, weil sie damit ihre allgemeine, über das Physikalische weit hinausreichende Anwendbarkeit gleich-

falls einbüssen würde. Es bleibt also nur übrig, die rein logische Natur der arithmetischen Schlussweisen anzuerkennen. Damit entsteht zugleich die Aufgabe, diese Natur da ans Licht zu setzen, wo sie unmittelbar nicht erkannt werden kann, was in den Schriften der Mathematiker sehr oft der Fall ist. Ich habe dies in Bezug auf den Schluss von n auf $(n + 1)$ gethan.

Meine dritte Folgerung bezieht sich auf die Definitionen wie die zweite auf die Schlussweisen. Bei jeder Definition muss man etwas als bekannt voraussetzen, mittels dessen man erklärt, was man unter einem Namen oder Zeichen verstehen will. Man wird einen Winkel nicht wohl definiren können, ohne die Kenntniss der geraden Linie vorauszusetzen. Nun mag das, worauf man sich bei der Definition stützt, selbst früher definirt sein; immer aber wird man beim weitern Rückgange zuletzt etwas antreffen, was undefinirbar ist, als Einfaches, nicht weiter Auflösbares anerkannt werden muss. Und die Eigenschaften, welche diesen Urbansteinen der Wissenschaft zukommen, enthalten wie im Keime deren ganzen Inhalt. In der Geometrie spricht man diese Eigenschaften in den Axiomen aus, soweit sie von einander unabhängig sind. Nun ist es klar, dass die Grenzen einer Wissenschaft durch die Natur ihrer Urbansteine bestimmt sind. Haben wir es ursprünglich wie in der Geometrie mit räumlichen Gebilden zu thun, so wird auch die Wissenschaft auf das Räumliche eingeschränkt sein. Wenn also die Arithmetik von allen besondern Eigenschaften der Dinge unabhängig sein soll, so muss dasselbe von ihren Urbansteinen gelten: sie müssen rein logischer Natur sein. Daraus ergiebt sich die Forderung, alles Arithmetische durch Definitionen auf das Logische zurückzuführen. So habe ich z. B. den von den Mathematikern vielfach gebrauchten Ausdruck „Menge“ durch den in der Logik üblichen „Begriff“ ersetzt; und dies ist nicht blos eine gleichgültige Aenderung der Benennung, sondern für die Erkenntniss der wahren Sachlage von Wichtigkeit. Beim Worte „Menge“ denkt man so leicht an eine Anhäufung von Dingen im Raume, wie z. B. in dem Ausdrucke „Menschenmenge“ ersichtlich ist, und man bleibt dann mit J. St. Mill so leicht bei der kindlichen Auffassung stehen, die Zahl selbst sei ein Haufe oder Aggregat oder doch wenigstens eine Eigenschaft eines Haufens, und hält mit K. Fischer Rechnen für aggregatives Denken. Man vergisst dabei ganz, dass man auch Ereignisse, Methoden, Begriffe zählen kann, aus denen sich doch keine Haufen bilden lassen. Indem ich nun das, woran die Anzahl vorkommt, als Begriff kennzeichne,

deute ich an, dass die Gesammtheit, auf die es hier ankommt, durch Merkmale zusammengehalten wird, nicht durch die räumliche Nähe, welche nur in besondern Fällen als Nebenwirkung jener auftreten kann, im Allgemeinen aber bedeutungslos ist. So wird auch die Zahl Null begreiflich, für welche es sonst ganz an einem Träger fehlt; denn wo ist ein Haufe, an dem man diese Zahl entdecken könnte? Doch dies nur als Beispiel dafür, wie das Arithmetische auf das Logische zurückzuführen ist. So allein ist es möglich, jene erste Forderung zu erfüllen, alle scheinbar der Arithmetik eigenthümlichen Schlussweisen in den allgemeinen logischen Gesetzen zu begründen.

Ich komme nun zu der andern Auffassung, welche man als formale Theorie bezeichnen kann, und damit zu dem Haupttheile meines Vortrages. Sie besagt, dass die Zeichen der Zahlen $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, der Zahl π u. s. w. leere Zeichen seien. Auf die positiven ganzen Zahlen lässt sich dies nicht wohl ausdehnen, weil man die Inhalte der Zeichen 1, 2 u. s. w. in der Arithmetik selbst nicht entbehren kann und weil sonst keine Gleichung einen angebbaren Sinn hätte. Wir hätten dann keine Wahrheiten, keine Wissenschaft. Es ist merkwürdig, dass gerade der Mangel an folgerechter Durchführung das Fortbestehen dieser Meinung ermöglicht hat. Ich will also zeigen, dass man mit dieser Theorie nie recht Ernst macht und nicht Ernst machen kann, weil sie dann alsbald unnütz wird. Trotz der lebhaften Behauptung, dass die Zeichen leer und dass sie selbst die Zahlen sind, bleibt doch immer im Hintergrunde der Gedanke, dass sie etwas bedeuten, und dass dieser Inhalt des Zeichens eigentlich die Zahl ist. Dies wird im Gebrauche des Wortes „Zeichen" angedeutet; denn ist etwas ein Zeichen, was gar nichts bezeichnet und gar nicht den Zweck hat, etwas zu bezeichnen? Ich werde, um nicht durch einen falschen Ausdruck irre zu führen, in einem solchen Falle „Figur" sagen. Es ist übrigens nicht nöthig, auf das Wort „leer" den Nachdruck zu legen. Das Wesentliche dieser Theorie ist, dass die Zahl ein Zeichen genannt wird, also eine geschriebene Figur, und es ist eigentlich gleichgültig, ob diese Figur nebenbei noch als Zeichen für einen Inhalt dient, wenn nur nicht dieser Inhalt, sondern das Zeichen selbst als die Zahl angesehen wird, als das, womit sich die Arithmetik beschäftigt. Machen wir einmal vollen Ernst damit, dass $\frac{1}{2}$ nichts bezeichne: Nun dann ist es ein Kunsterzeugniss bestehend, etwa aus Druckerschwärze. Die Eigenschaften dieses Dinges sind geometrische, physikalische und chemische. Wir haben nun gedruckte,

mit Tinte, mit Bleistift oder Kreide geschriebene Einhalben zu unterscheiden, die in den meisten Eigenschaften von einander abweichen. So haben wir dann statt des bestimmten einzelnen Gegenstandes der Zahl $\frac{1}{2}$ eine ganze Gattung von Kunsterzeugnissen, die nur in der Gestalt eine gewisse Verwandtschaft zeigen. Und was könnte aus dieser Gestalt wohl Grosses geschlossen werden? Wo bleibt aber die Eigenschaft, auf die es doch vor Allem ankommt, zu sich selbst addirt 1 zu ergeben? Davon ist nichts zu sehen. Wo kommt denn nun diese Eigenschaft her? Durch eine Definition, sagt man, wird sie festgesetzt. Nun, eine Definition hat doch den Zweck, anzugeben, welchen Sinn man mit einem Worte oder Zeichen verbindet. Was soll nun hier definirt werden? Das Nächstliegende und wohl auch meistens Gemeinte ist, dass $\frac{1}{2}$ erklärt werden soll. Aber eine solche Definition wäre nicht im Einklange mit der Inhaltsleerheit der Figur $\frac{1}{2}$. Man kann doch unmöglich eine Erklärung geben, was das Zeichen $\frac{1}{2}$ bedeuten solle, und ihm zugleich jeden Inhalt absprechen. Hier sehen wir wieder jene Halbheit, die nicht vollen Ernst mit der Leerheit des Zeichens $\frac{1}{2}$ macht. Aber auch dann wird die Sache nicht besser, wenn man dem Zeichen zwar einen Inhalt zugesteht, aber nicht diesen, sondern das Zeichen selbst als die Zahl auffasst. Da es willkürlich ist, welche Bedeutung man dem Zeichen geben will, so wird je nach der getroffenen Wahl der Inhalt des Zeichens diese oder jene Eigenschaften haben. Es hängt also zum Theil von meiner Willkür ab, welche Eigenschaften der Inhalt des Zeichens hat; aber immer sind dies dann Eigenschaften des Inhalts des Zeichens, nicht des Zeichens selbst, also nicht Eigenschaften der Zahl im Sinne dieser formalen Theorie. Die Mathematiker, könnte leicht jemand sagen, sind doch sonderbare Leute; statt die Eigenschaften zu untersuchen, die das Ding wirklich hat, kümmern sie sich um diese gar nicht, sondern dichten dem Dinge durch eine sogenannte Definition beliebige Eigenschaften an, von denen es sich gar nichts träumen lässt, und diese untersuchen sie dann. Ebenso gut könnte jemand auf den Gedanken kommen, seinen Mitbürger durch das einfache Mittel der Definition zum Lügner zu stempeln. Der Beweis der Wahrheit wäre dann sehr leicht zu führen; man brauchte nur zu sagen: das folgt unmittelbar aus meiner Definition. In der That würde es ebenso streng folgen, wie aus der Definition: „diese Kreidefigur hat die Eigenschaft, zu sich selbst addirt 1 zu geben" folgt, dass sie zu sich, selbst addirt, 1 giebt. So könnten wir schön vielerlei definiren;

nur schade, dass sich die Dinge nicht daran kehrten und unserer Definition zuliebe weder ihre alten Eigenschaften aufgeben noch neue annehmen.

Diese so klare Sachlage wird vielleicht dadurch manchmal verdunkelt, dass nicht deutlich erkennbar ist, was eigentlich definirt werden soll: das Zeichen $\frac{1}{2}$ oder das Pluszeichen oder das Gleichheitszeichen oder vielleicht eine Zusammenstellung mehrerer dieser Zeichen. Es ist aber doch wohl ein berechtigtes Verlangen, dass in jeder Definition nur ein Zeichen erklärt werde, und dass deutlich erkennbar sei, welches. Auch das ist ein Fehler, wenn man eine blosse Vorschrift, wie eine Definition zu machen ist, oder die blosse Behauptung, man definire, für die Definition selber ausgiebt. Diesen Fehler würde ich z. B. begehen, wenn ich sagen wollte: „ich definire das Pluszeichen so, dass $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$ ist". Dies ist gerade so, als ob ich sagen wollte: „ich fliege jetzt in die Luft", dabei aber ganz ruhig auf der Erde bliebe. Es kommt nicht darauf an zu sagen, dass man definire, sondern dass man dies thue und zwar so, dass das Verlangte geleistet wird.

Wer nun nicht weiss, wie sich die Sache geschichtlich entwickelt hat, wird kaum verstehen, wie man dazu kommt, leere Zeichen als die eigentlichen Gegenstände der arithmetischen Forschung hinzustellen. Das erscheint nach dem eben Gesagten vielleicht ganz unsinnig, solange man keinen Beweggrund für eine Behauptung kennt, welche ganz unnöthige Schwierigkeiten zu schaffen scheint. Ich muss also wohl darauf etwas eingehen. Die positiven ganzen und gebrochenen Zahlen sind schon in vorwissenschaftlicher Zeit durch die Bedürfnisse des Lebens zur Anerkennung gelangt. Mit einigem Widerstreben wurden die irrationalen und die negativen Zahlen aufgenommen — die Griechen konnten sich nicht recht zu ihrer Anerkennung entschliessen —; mit noch grösserem Widerstreben sind endlich die complexen Zahlen eingeführt. Die Ueberwindung dieses Sträubens wurde nun durch die geometrische Deutung erleichtert, damit aber etwas Fremdes in die Arithmetik eingeführt. Es musste das Bestreben erwachen, dies Geometrische wieder auszuscheiden. Es erschien widersinnig, dass rein arithmetische Sätze auf geometrischen Axiomen beruhen sollten, und es mussten Beweise, die scheinbar eine solche Abhängigkeit herstellten, als den wahren Sachverhalt verdunkelnd erscheinen. Die Aufgabe war nicht abzuweisen, das Arithmetische rein arithmetisch, d. h. rein logisch abzuleiten.

Es lag nun nahe, diese höhern Zahlen aus ihren Eigenschaf-

ten zu definiren, z. B. zu sagen: „$\sqrt{2}$ ist etwas, was mit sich selbst multiplicirt 2 giebt“. Eine solche Definition setzt eigentlich voraus, dass die Multiplication vorher so definirt sei, dass sie sich nicht nothwendig auf ganze Zahlen bezieht. Sonst würde man leicht in den früher gerügten Fehler verfallen, zweierlei zugleich zu definiren: $\sqrt{2}$ und die Multiplication. Doch dies nur beiläufig. Durch diese Erklärung hat man nun zunächst blos einen Begriff gewonnen, und es entsteht die Frage, ob dieser Begriff leer oder erfüllt sei. Es würde ein logischer Fehler sein, nun sogleich den bestimmten Artikel zu gebrauchen und zu sagen: „die Zahl, welche mit sich multiplicirt 2 giebt“, oder „die Quadratwurzel aus 2“, solange man nicht bewiesen hat, dass es etwas der Art giebt und zwar nur eins. Bis dahin darf man nur solche Ausdrücke wie „eine Quadratwurzel aus 2“, „alle Quadratwurzeln aus 2“ gebrauchen, in denen man „Quadratwurzel aus 2“ als Begriffswort behandelt, also auch nicht als Glied einer Gleichung. Durch eine solche Definition hat man zunächst noch gar nichts gewonnen, was die gewünschte Eigenschaft hat; denn der Begriff einer Zahl, welche mit sich selbst multiplicirt 2 giebt, hat nicht die Eigenschaft, mit sich selbst multiplicirt 2 zu geben, ebensowenig, wie der Begriff des rechtwinkligen Dreiecks ein Dreieck ist oder einen rechten Winkel hat. Nun ist es für die Ableitung mancher Lehrsätze gerade wesentlich, dass es solche höhere Zahlen giebt. Wie man bei vielen Beweisen in der Geometrie Punkte oder Linien nöthig hat, die im Satze selbst nicht vorkommen, und wie es dann jedesmal nöthig ist, zu zeigen, dass es solche Hilfspunkte oder Linien giebt, so beweist man auch in der Arithmetik manche Sätze z. B. mit Hilfe der Wurzel aus — 1, in denen diese Grösse selbst nicht vorkommt. Gäbe es nun gar keine Zahl, deren Quadrat — 1 wäre, so würde damit der Beweis zusammenfallen. Diesen Nachweis der Existenz will man nun, wie es scheint dadurch unnöthig machen, dass man sagt: „die Figur, welche ich hier hinschreibe, ist selber die Zahl, ist selber der Gegenstand der Betrachtung. Aber dadurch macht man sich die Sache doch offenbar zu leicht. So würde man es ja immer in der Hand haben, die Existenz scheinbar zu erhärten und könnte damit die wunderbarsten Dinge beweisen. Deshalb wird die Widerspruchslosigkeit der Definition gefordert, wovon ich später noch sprechen will. Hier genüge der Hinweis darauf, dass die Eigenschaften, welche durch eine Definition angegeben werden, nicht dem Zeichen zukommen, und dass, wenn das Zeichen keine Bedeutung haben soll,

auch keine Definition dabei möglich ist. Die Sachlage kann also wohl so angegeben werden: entweder ist die Zahl eine geschriebene Figur; dann ist freilich an ihrer Existenz nicht wohl zu zweifeln; aber sie hat gar nicht die Eigenschaften, die man von ihr verlangt; oder die Zahl soll Inhalt eines Zeichens sein; dann muss man den Nachweis liefern, dass das Zeichen in der That etwas bezeichnet und nicht etwa gegen die Absicht leer ist. Es kann nun die Existenz nicht mehr durch den Hinweis auf das Zeichen begründet werden, und dieses sinkt zur Bedeutung eines unwesentlichen Hilfsmittels herab, das bei der ersten Rechtfertigung der Zahl gar nicht erwähnt zu werden braucht.

Man kann nun vielleicht dieser Schwierigkeit dadurch auszuweichen versuchen, dass man nicht die Zahlen, sondern die Rechnungsarten definirt. Es mag an einem Beispiele gezeigt werden, warum dies nicht geht. Die Addition der Brüche z. B. muss allgemein erklärt werden, etwa so: Die Summe von $\frac{a}{b}$ und $\frac{c}{d}$ ist $\frac{a \cdot d + c \cdot b}{b \cdot d}$. Auf diesem Wege kann man nun niemals beweisen, dass die Summe von $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{2}$ 1 ist; denn man erhält

$$\frac{1 \cdot 2 + 1 \cdot 2}{2 \cdot 2}.$$

Dies ist eine leere Figur und nicht die Zahl 1. Man würde hiernach auch nicht sagen können, dass $\frac{1}{2}$ gleich $\frac{3}{6}$ ist; denn beide sind nur Figuren. Ganz anders wird die Sache, wenn man diese Figuren als Zeichen für Inhalte auffasst; dann besagt die Gleichung, dass beide Zeichen denselben Inhalt haben. Wenn aber kein Inhalt vorhanden ist, hat die Gleichung keinen Sinn.

Man kann aber der Sache noch eine Wendung scheinbar zu Gunsten dieser formalen Theorie geben. Man sagt etwa so: „Wir definiren überhaupt nicht, sondern setzen nur Regeln fest, nach denen man von gegebenen Gleichungen zu neuen übergehen kann, wie man für das Fortrücken der Schachfiguren Regeln gegeben hat. Ebensowenig nun wie eine Stellung der Schachfiguren eine Wahrheit ausdrückt, hat eine Gleichung einen Sinn, solange sie nicht lauter positive ganze Zahlen enthält. Nun kann es vermöge der Regeln geschehen, dass zuletzt eine Gleichung zwischen positiven ganzen Zahlen erscheint. Sind nun die Regeln der Art, dass sie nie zu einem falschen Ergebnisse führen können, wenn von wahren Gleichungen ausgegangen wird, so sind nur zwei Fälle möglich: entweder die Endgleichung ist sinnlos oder sie hat einen

beurtheilbaren Inhalt, was immer eintritt, wenn sie nur positive ganze Zahlen enthält, und dann muss sie wahr sein, weil sie nicht falsch sein kann". Es fragt sich nur, wie die Regeln einzurichten sind, damit nie etwas Falsches herauskomme. Man sagt etwa so: „Wenn die Regeln keinen Widerspruch weder unter sich noch mit den Gesetzen der positiven ganzen Zahlen enthalten, so kann nie bei ihrer noch so oft wiederholten Anwendung ein Widerspruch hineinkommen; die Endgleichung muss daher auch widerspruchslos sein und mithin wahr, falls sie überhaupt einen Sinn hat. Das Letzte ist nun schon ein Fehler; denn ein Satz kann recht wohl widerspruchsfrei sein, ohne darum wahr zu sein. Die Widerspruchslosigkeit genügt also nicht; aber wenn sie auch genügte, so müsste sie erst bewiesen werden. Man scheint das vielfach nicht für nöthig zu halten; aber das Beispiel der indirekten Beweise zeigt doch, dass ein Widerspruch nicht immer offen da liegt, sondern oft erst durch eine Reihe von Schlussfolgerungen ans Licht gebracht wird. Wie viele Schlüsse dazu nöthig sind, ist von vornherein nicht zu sagen. Man kann also nicht wissen, wenn man nach einer Reihe von Folgerungen keinen Widerspruch entdeckt hat, ob nicht doch bei weiterer Fortsetzung der Schlusskette einer zu Tage kommen würde. Der Beweis der Widerspruchslosigkeit kann nun nicht dadurch geführt werden, dass man sagt: diese Regeln sind als Gesetze für die positiven ganzen Zahlen bewiesen, müssen also widerspruchsfrei sein; denn sie könnten immerhin mit den besondern Eigenschaften der höhern Zahlen in Widerspruch stehen, z. B. in's Quadrat erhoben — 1 zu geben. In der That hönnen ja auch bei höhern complexen Zahlen in einem Gebiet von drei Dimensionen nicht alle Regeln aufrecht erhalten werden; wenigstens der für die Algebra grundlegende Satz, dass ein Product nur Null sein kann, wenn einer der Factoren Null ist, muss fallen gelassen werden. Man sieht also, dass vermöge der besondern Natur der höhern complexen Zahlen da ein Widerspruch entstehen kann, wo bei ganzen positiven Zahlen keiner ist.

Das Vertrauen, dass in den aufgestellten Rechnungsregeln für die gemeinen complexen Zahlen kein Widerspruch enthalten sei, beruht also wohl in dieser formalen Theorie darauf, dass man bisher keinen gefunden hat. Wenn man nun die Formel

$$\cos n\alpha = \cos^n\alpha - \frac{n(n-1)}{1\cdot 2}\cos^{n-2}\alpha \sin^2\alpha + \cdots$$

mittels der complexen Zahlen beweist, indem man $(\cos\alpha + i\sin\alpha)$

zur n-ten Potenz erhebt, so bewegt man sich dabei eigentlich in einem Kreise. Trotz dieses Beweises könnte die Formel immer noch falsch sein, und wenn man auf anderm Wege zu einer Gleichung gelangte, die mit jener nicht vereinbar wäre, so würde man zu sagen haben: hier wird offenbar, dass in den aufgestellten Regeln für complexe Zahlen ein Widerspruch enthalten ist. Der Beweis jener Formel beruht auf der Widerspruchslosigkeit der Regeln für die complexen Zahlen und diese wird wieder dadurch begründet, dass man in keinem Falle auf einen Widerspruch gestossen ist. In jeder andern Wissenschaft würde man sich mit einer so grossen Wahrscheinlichkeit begnügen; aber die Mathematik will ihre Sätze beweisen, und ein Beweis ist dies wenigstens in dieser formalen Theorie nicht.

In einem ähnlichen Kreise bewegt man sich wohl, wenn man sagt: Zahlen existiren, wenn man mit ihnen rechnen kann. Zunächst könnte man wohl mit Recht fragen: welcher innere Zusammenhang besteht denn zwischen der Existenz und dem Rechnen? Dann müsste man, um hiervon Gebrauch zu machen, eine Definition des Rechnens haben, um zu wissen, ob das, was man mit einem Zeichen macht, Rechnen zu nennen sei. Kann man nicht auch mit divergenten Reihen rechnen? Dem Anscheine nach ganz gut; nur kommt manchmal etwas Falsches heraus. Dadurch wird die Definition nahe gelegt: Rechnen ist eine solche Operation zu nennen, die nie zu falschen Ergebnissen führt. Damit wären wir wieder in unserm Kreise angelangt. Welche Mittel hat man nun, um die Widerspruchslosigkeit zu beweisen? Ich sehe keinen andern Grundsatz, der zu diesem Zwecke dienen könnte, als den, dass Eigenschaften, die an demselben Gegenstande gefunden werden, nicht in Widerspruch mit einander stehen. Hätte man aber solchen Gegenstand, so wäre diese formale Theorie überflüssig. Es ist mir danach unwahrscheinlich, dass ein strenger Beweis für die Widerspruchslosigkeit von Rechnungsregeln gelingen wird, ohne den Boden dieser formalen Theorie zu verlassen. Aber selbst, wenn er gelingen sollte, würde er nicht ausreichen, weil noch nicht wahr ist, was widerspruchslos ist.

Es liegt hier offenbar eine Schwierigkeit vor, und diese besteht in der Definition von Gegenständen, während man sonst nur mit Definitionen von Begriffen zu thun hat; denn $\frac{1}{2}$ z. B. ist als Gegenstand aufzufassen, wenn auch nicht als sinnlich wahrnehmbarer oder nur räumlicher. Trotz dieser Unräumlichkeit und Unwirklichkeit ist $\frac{1}{2}$ kein Begriff in dem Sinne, dass Gegenstände

unter ihn fallen könnten. Man kann nicht sagen: „dies ist eine $\frac{1}{2}$“, wie man sagen kann: „dies ist ein rechter Winkel“, ebensowenig sind Ausdrücke wie „alle $\frac{1}{2}$“, „einige $\frac{1}{2}$“ zulässig; sondern $\frac{1}{2}$ wird als bestimmter einzelner Gegenstand behandelt, wie aus dem Ausdruck „die Zahl $\frac{1}{2}$“ hervorgeht und daraus, dass es auf der einen Seite des Gleichheitszeichens erscheint. Es würde hier zu weit führen, anzudeuten, wie ich mir die Beseitigung dieser Schwierigkeit denke. Nur so viel mag gesagt sein, dass sie bei den Brüchen, negativen Zahlen u. s. w. nicht wesentlich anders wie bei den positiven ganzen Zahlen ist, dass also durch eine Zurückführung aller Sätze oder Gleichungen auf solche, die von positiven ganzen Zahlen handeln, die Schwierigkeit nur zurückgeschoben, nicht völlig beseitigt wird, was man nur darum nicht so leicht bemerkt, weil man meistens kein Bedürfniss zur Rechtfertigung dieser ursprünglichsten Zahlen empfindet.

2) Darauf trägt Herr Lahr

Ueber die Grassmann'sche Vokaltheorie

vor.

(Ein Bericht ist nicht eingegangen.)

---

11. Sitzung am 31. Juli 1885.

Herr Reichardt spricht

Ueber den Einfluss des Wassers auf Bleiröhren bei Leitungen.

(Ein Bericht ist nicht eingegangen.)

Sitzung der Section für Heilkunde vom 9. Juli 1885.

Herr Karl Bardeleben sprach

über die anatomischen Verhältnisse der vorderen Brustwand und die Lage des Herzens.

Gelegentlich der Bearbeitung des Artikels „Brusthöhle“ in Eulenburg's Real-Encyklopaedie der gesamten Heilkunde lenkte ich meine Aufmerksamkeit auf die in den meisten Lehr- und Hand-

büchern der Anatomie nur sehr stiefmütterlich behandelten Rippenknorpel. Da die Pleura- und Herzgrenzen zum grofsen Teil auf die Rippenknorpel projicirt werden müssen, ist selbstverständlich eine genaue Kenntnis von dem normalen anatomischen Verhalten der letzteren sowie von häufiger vorkommenden Schwankungen innerhalb der Norm, die allmählich in Varietäten oder Abweichungen übergehen, notwendig. Eine solche vermisse ich indes vielfach. Auch vom theoretischen, vergleichend-anatomischen Standpunkte aus bieten die Verhältnisse der menschlichen Rippenknorpel sowie des Brustbeins Interesse dar, indem sich leicht zeigen läfst, dafs hier Reductionsvorgänge sich abspielen, welche bei verschiedenen Individuen und, wie es scheint, verschiedenen Rassen erhebliche Differenzen aufweisen. Die Fragen, welche ich mir stellte, waren folgende:

1) Kommt eine Gelenk- oder Bandverbindung zwischen dem 5. und 6., sowie zwischen dem 6. und 7. Rippenknorpel häufiger oder regelmäfsig vor?

2) Setzen sich stets sieben Rippenknorpel an das Brustbein?

3) Ist die normale Lage des Herzens in Bezug auf die vordere Brustwand mit Bestimmtheit anzugeben oder sind die Schwankungen in dem Verhalten der Brustwand (relative Lage) oder in der absoluten Lage dieses Organs nicht sehr erheblich?

Zur Beantwortung dieser Fragen untersuchte ich das gesamte Material der hiesigen Anatomie, bestehend aus einer grofsen Anzahl von trockenen Skeletten jeden Lebensalters, ferner von isolirten Brustbeinen mit Rippenknorpeln, trocken und feucht aufbewahrt, schliefslich einem grofsen Vorrath von ganzen foetalen und kindlichen Skeletten in Spiritus.

1) Von 81 untersuchten Skeletten und Präparaten zeigten 22 auf beiden Seiten eine Gelenkverbindung zwischen Fortsätzen der 5. und 6. Rippe, 13 eine solche nur rechtseitig; ein Mal war diese nur links, 22 Mal gar nicht vorhanden. Bei allen 10 Exemplaren, welche 8 (oder mehr) Brustbeinrippen besitzen, fehlte die Verbindung; in dem Reste der Fälle (13) konnte eine Entscheidung nicht mehr mit Sicherheit getroffen werden. Zieht man diese letzteren und die abweichenden Fälle mit 8 oder mehr sternalen Rippen ab, so bleiben demnach 58 für diese Angelegenheit brauchbare Präparate übrig, von denen, wie gesagt, 22 eine beiderseitige, 14 eine einseitige Gelenkverbindung zwischen der 5. und 6. Rippe aufweisen; diesen stehen 22 negative Beobachtungen gegenüber. Das beiderseitige Fehlen der Gelenkverbindung ist demnach gerade so

häufig, wie ihr beiderseitiges Vorkommen. Trennt man aber die beiden Körperseiten, so erhalten wir folgendes Ergebnis: rechts ist eine Gelenkverbindung unter 58 Fällen 35 Mal vorhanden, 23 Mal nicht — links 23 Mal vorhanden, 35 Mal nicht — was fast genau 60 und 40% ausmacht. Beiderseitiges Vorkommen ist nur in 38% zu erwarten.

Eine Gelenkverbindung zwischen dem 6. und 7. Rippenknorpel ist als Regel anzusehen, von der es nur sehr selten Ausnahmen giebt. Abgesehen von einigen zweifelhaften Fällen fand ich unter allen untersuchten Exemplaren nur eines, wo die Verbindung, und zwar auf der linken Seite, fehlte.

2) Auffallend häufig fand ich die Zahl der sternalen Rippen vermehrt. Das Material war, wie hierzu noch besonders bemerkt werden soll, mit Ausnahme von einem Sammlungspräparate, welches wohl wegen dieser Abweichung aufgehoben ist, nicht irgendwie ausgesucht. Dies Präparat (Nr. 526/1596) zeigt links 8, rechts sogar 9 sternale Rippenknorpel. Abgesehen von diesem gewifs selten Vorkommnisse beobachtete ich unter den 80 Exemplaren 7 Mal beiderseits und 2 Mal nur links eine bis an das Brustbein reichende achte Rippe. In einigen Fällen näherte sich das mediale Ende des 8. Rippenknorpels bis auf wenige Millimeter dem Brustbein — oder aber es bestand eine kleine Lücke zwischen dem sternalen und dem costalen Teile des Knorpels. Da unter den 80 Exemplaren eine nicht unerhebliche Anzahl durch unachtsame Präparation oder mangelhafte Aufbewahrung (Trocknen etc.) gelitten haben dürfte, mufs ich die Häufigkeit des Vorkommens einer 8. sternalen Rippe beim Menschen auf mindestens 10, vielleicht 15 oder noch mehr Procent schätzen. Dies Verhalten steht im Einklange mit den bekannten Untersuchungen Ruge's (Morphol. Jahrb. Bd. VI, 3. Heft) über die embryonale Entwickelung des Brustbeins, besonders des Proc. xiphoides. Auffallend hierbei ist mir nur die Niveaudifferenz zwischen diesem Fortsatze und den Rippenknorpeln — letztere liegen mehr vor oder auf dem Fortsatze. Dafs in allen Fällen, wo 8 Rippen an's Brustbein gingen, die Gelenkverbindung zwischen dem 5. und 6. Rippenknorpel fehlte, habe ich oben hervorgehoben. Es tritt in solchem Falle demnach die 7. Rippe an die Stelle der 6., die 6. an diejenige der 5.

Ich fasse nun die zwischen dem 6. und 7. Rippenknorpel sogut wie immer, zwischen dem 5. und 6. auf der rechten Seite in der Mehrzahl, links in fast der Hälfte der Fälle vorkommende accessorische Gelenkverbindung (oder Anlagerung mit Syndesmose)

als Reductionserscheinung auf. Der menschliche Thorax ist m. E. in einer rückschreitenden Entwickelung begriffen, welche vom unteren Ende ausgeht, und die bei der gewöhnlichen Anzahl von 7 sternalen Rippen bereits das fünfte Rippenpaar erreicht, während dieses durch ein achtes sternales Rippenpaar gewissermafsen geschützt wird. Wir sehen an der 8. und 9. Rippe, wie die frühzeitige Anlegung an die nächstobere Rippe die direkten Beziehungen zum Brustbein verloren gehen läfst, und können uns vorstellen, dafs auch die 7. Rippe dermaleinst sich an der Verbindung mit der 6. genug sein lassen wird. Diese Auffassung wird ferner, soviel ich sehe, gestützt durch die citirten Beobachtungen Ruge's, sowie durch das bekannte Verhalten der drei letzten Rippen und Brustwirbel, sowie des letzten Lendenwirbels (Assimilation mit dem Kreuzbein). Das Endergebnis aller dieser Vorgänge dürfte eine allmähliche Verkürzung der Dorsolumbal-Wirbelsäule und des Thorax sein.

Auf die vielfach von mir beobachteten Asymmetrien des Brustbeines und der Rippenknorpel, besonders ihrer Sternal-Gelenke, will ich, da eine Aufzählung der Fälle kein specielles Interesse darbietet, nur hinweisen.

3) Betreffs der Lage des Herzens mufs ich zunächst auf die schwankenden Verhältnisse der vorderen Brustwand hinweisen, welche den Wert gerade der praecisesten Bestimmungen hier erheblich beeinträchtigen. Aber auch abgesehen hiervon mufs ich den Angaben Henke's insofern entgegentreten, als ich sie nur für einen Teil der Fälle als zutreffend anerkennen kann. Die Verschiedenheiten in der Lage des Herzens sind nach meinen seit Jahren wiederholten Versuchen mit Nadeln (Luschka) häufiger und beträchtlicher, als es nach H. scheinen sollte. Nach meinen Erfahrungen können die Pulmonalklappen sowohl hinter dem zweiten Intercostalraume wie hinter der dritten Rippe, sogar hinter dem dritten Intercostalraume (Henke), die Herzspitze an der 5. Rippe oder am 5. Intercostalraume liegen.

Mit Bezug auf die Möglichkeit, den Herzbeutel ohne Verletzung der Pleura operativ zu erreichen, möchte ich schliefslich darauf aufmerksam machen, dafs die Fenster zwischen dem 5. und 6., sowie zwischen dem 6. und 7. Rippenknorpel links gewöhnlich sehr schmal sind, und dafs das erstere, wie oben gesagt, in 40%, das letztere mit seltenen Ausnahmen immer durch die Gelenkfortsätze der Intercostalgelenke unterbrochen werden.

(Folgen Demonstrationen und Discussion).

Anhang.

Folgende Aufsätze sind im Sommersemester 1885 behufs Abdruck in den Sitzungsberichten von dem Redacteur der Gesellschaft vorgelegt worden.

Die experimentelle Prüfung der Theorie von der Regulierung des Geschlechtsverhältnisses.

Von

C. Düsing.

In meinem Buche über „Die Regulierung des Geschlechtsverhältnisses bei der Vermehrung der Menschen, Tiere und Pflanzen" (Jena 1884) wurde (S. VI und S. 312) darauf hingewiesen, auf welche Weise die dort vorgetragene Theorie über die Entstehung des Geschlechtes durch ein Experiment geprüft werden kann, und welche Schwierigkeiten einer solchen Prüfung im Wege stehen.

Der erste Teil der Theorie handelt davon, wie das Geschlechtsverhältnis, das bei jedem Tiere ein ganz bestimmtes ist und unter denselben äussern Umständen stets wiederkehrt, aufrecht erhalten wird. Der Theorie zufolge geschieht dies im allgemeinen dadurch, dass bei einem Mangel an Individuen des einen Geschlechtes mehr von diesen erzeugt werden. Wie ich bereits in meinem Buche mitgeteilt habe, hatte ich die Absicht, diesen Teil der Theorie durch ein Experiment zu prüfen. Bei einem solchen kommt es vor allem auf eine sehr grosse Zahl von Fällen an, und man muss daher Tiere nehmen, welche in kurzer Zeit sehr viele Junge produzieren. Meerschweinchen und weisse Mäuse besitzen diesen Vorzug, und mit ihnen wurde das Experiment im physiologischen Laboratorium zu Jena begonnen. In meinem Buche findet sich beschrieben, auf welche Weise ein Mangel an Männchen und ein solcher an Weibchen hergestellt wurde.

Der Versuch mit Meerschweinchen wurde etwa 8 Monate lang fortgesetzt. Das Resultat war, dass bei Mangel an Weibchen 10 Männchen und 11 Weibchen, bei Mangel an Männchen 69 Männchen und 80 Weibchen und unter normalen Umständen 12 Männchen und 20 Weibchen erzeugt wurden. Trotzdem also der Versuch sehr lange fortgesetzt wurde, ist die Zahl der Geburten doch noch so gering, dass sich nichts aus ihnen schliessen lässt. Sie berechtigen höchstens zu der Vermutung, dass bei Meerschweinchen im allgemeinen mehr Weibchen als Männchen geboren werden.

Mit weissen Mäusen setzte ich den Versuch etwa 4 Monate lang fort. Während meiner Abwesenheit übernahm alsdann Herr Assistent Dr. Walter noch etwa 7 Monate lang die Untersuchung der neugeborenen Mäuse. Das Resultat dieser langwierigen Arbeit ist, dass bei Mangel an Weibchen 71 Männchen und 74 Weibchen, bei Mangel an Männchen 114 Männchen und 112 Weibchen und unter normalen Umständen 2 Männchen und 5 Weibchen geboren wurden. Auch diese Zahlen sind noch immer zu klein, um sichere Schlüsse zuzulassen. Sie machen es nur wahrscheinlich, dass bei weissen Mäusen im allgemeinen ungefähr ebensoviel Männchen als Weibchen geboren werden. Trotz der langwierigen Beobachtung und Kontrole ergab sich kein sicheres Resultat; es würde also viel zu lange Zeit dauern, wenn man den Versuch mit solchen Tieren anstellen wollte. — Ich erlaube mir auch an dieser Stelle Herrn Prof. Preyer, welcher den Versuch vorschlug und freundlichst die Ausführung desselben in seinem Laboratorium ermöglichte, sowie noch besonders Herrn Dr. Walter, welcher die Untersuchung während einer so langen Zeit fortsetzte, meinen besten Dank auszusprechen.

Inzwischen ist der zweite Teil der Theorie durch ein Experiment von anderer Seite geprüft worden. Während der erste Teil erklärt, auf welche Weise das mittlere Geschlechtsverhältnis aufrecht erhalten wird, zeigt der zweite Teil, dass dieses nicht immer dasselbe bleibt, sondern unter verschiedenen äussern Umständen ein verschiedenes ist. Unter ungünstigen Umständen, z. B. bei Mangel an Nahrung, sind mehr Männchen vorhanden und werden auch mehr hiervon geboren, unter günstigen Umständen jedoch, z. B. im Überfluss an Nahrung, überwiegt das weibliche Geschlecht.

H. Hoffmann hat nun seit etwa sieben Jahren Experimente mit Pflanzen angestellt, um den Einfluss der Ernährung auf das Geschlecht zu erforschen. Schon 1883 schrieb mir Herr Prof. Hoffmann, als er von der vorläufigen Mitteilung der Theorie in

der Jenaischen Zeitschrift Kenntnis erhielt, dass die Resultate seiner Versuche mit meiner Theorie übereinstimmen. Diese Experimente sind jetzt zu Ende geführt und bereits in der botanischen Zeitung[1]) veröffentlicht worden. Da dieselben sehr wichtig für die Theorie sind, so will ich sie hier kurz erläutern.

Auch aus einem andern Grunde ist es wichtig, diese Experimente noch einmal zu besprechen. Hoffmann hat nämlich die Resultate derselben in einer Tabelle zusammengestellt, bei welcher die Berechnung des Mittels in einer Weise geschehen ist, dass ein strenger Statistiker sie als unrichtig bezeichnen könnte. Mit Hülfe der von Hoffmann gegebenen Zahlen habe ich daher eine neue

	Versuch	Dichtsaat		Zahl der Exempl.	Sexual-verhältnis	Versuch	Lockerer Stand		Zahl der Exemplare	Sexual-verhältnis
		männlich	weiblich				männl.	weibl.		
Lychnis diurna	1	21	9	30		a	25	20	45?	
	2	29	15	44		b	17	22	39	
Summe		50	24	74	210:100		42	42	84	100:100
Lychnis vespertina	1	15	10	25		a	749	906	1655	
	2	8	13	21						
Summe		23	23	46	100:100		749	906	1655	73:100
Mercurialis annua	1	163	164	327		a_1	70	75	145	
	2	112	100	212		a_2	83	93	176	
						a_3	91	104	195	
						a_4	46	50	96	
Summe		275	264	539	104:100		290	322	612	90:100
Rumex Acetosella	1	31	21	52		a_1	87	100	187	
	2	27	17	44		a_2	150	150	300	
						a_3	75	100	175	
						a_4	68	111	179	
Summe		58	38	96	152:100		380	461	841	82:100
Spinacia oleracea	1	88	43	131		a	7	10	17	
	2	20	13	33		b	65	63	128	
	3	65	19	84		c	95	170	265	
	4	18	3	21		d	164	214	378	
	5	24	8	32						
	6	32	61	93						
Summe		247	147	394	168:100		331	457	788	72:100
Cannabis sativa	1	95	123	218		a	1048	1334	2382	
	2	12	20	32		b	375	390	765	
Summe		107	143	250	75:100		1423	1724	3147	82:100

1) Bot. Zeitung 1885. No. 10 und 11.

Tabelle aufgestellt, in der die Berechnung der Summen in einer andern Weise vorgenommen wurde. Die Tabelle ist ferner weit ausführlicher und enthält alle Zahlen, die für den von Wichtigkeit sind, der die Hoffmann'schen Experimente beurteilen will. Herr Prof. Hoffmann, dem ich die Tabelle übersandte, hatte die Freundlichkeit, mir auch noch diejenigen Zahlen mitzuteilen, welche er bei der Beschreibung seiner Versuche in der botanischen Zeitung nicht angegeben hatte. Auch diese sind in der Tabelle enthalten.

Hoffmann säete Pflanzen entweder dicht nebeneinander oder sehr weit auseinander. Bei Dichtsaat können die einzelnen Pflanzen nur sehr wenig Nahrung erhalten. Die schwächere Ernährung der Pflanzen in der ersten Jugend bewirkt der Theorie zufolge eine Mehrausbildung des männlichen Geschlechtes. Bei Dichtsaat müsste man also mehr Männchen, bei lockerem Stande aber mehr Weibchen erhalten.

Hoffmann liess dieselbe Art von Pflanzen in verschiedenen Versuchen dicht und in verschiedenen weit von einander entfernt wachsen und konnte so die Wirkung des Hungers auf dieselbe Pflanze beurteilen. Wie man nun aus der Tabelle ersehen kann, war diese Wirkung eine Mehrproduktion von Männchen, und zwar zeigt sich dies bei allen Pflanzen mit Ausnahme von Cannabis sativa. Während nämlich bei allen Pflanzen das Geschlechtsverhältnis bei lockerem und bei dichtem Stande ein ausserordentlich verschiedenes ist, bleibt es beim Hanf fast dasselbe, die Zahl der Männchen nimmt sogar bei lockerem Stande um ein wenig zu. Hieraus darf man schliessen, dass beim Hanf die Ernährung der jungen Pflanze fast keinen Einfluss auf das Geschlecht derselben hat. Beim Hanf muss dieses also schon sehr frühzeitig während der Ausbildung des Samenkornes entschieden werden. Die Ernährung des Samens hängt nun von der Ernährung der Mutterpflanze ab. Wenn man also beim Hanf den Einfluss der Ernährung auf das Geschlecht erforschen will, so muss man untersuchen, welches Geschlecht die Kinder-pflanzen der schlecht oder gut genährten Mutter-pflanzen haben. In meinem Buche hatte ich nachgewiesen, dass sich das Bingelkraut in ähnlicher Weise verhält. Die Ernährung der jungen Pflanzen hat auch hier nur einen so geringen Einfluss, dass dieser erst an einer sehr grossen Zahl von Pflanzen nachgewiesen werden konnte.

Das Resultat der von Hoffmann angestellten Versuche ist also, dass bei den Pflanzen, mit denen der Versuch angestellt wurde, mit Ausnahme vom Hanf, bei dem das Geschlecht schon sehr

frühzeitig entschieden sein muss, sich infolge von guter Ernährung der jungen Pflanzen mehr Weibchen, infolge von schlechter Ernährung mehr Männchen ausbilden. Es ist dies eine experimentelle Bestätigung des zweiten Teiles der Theorie von der Regulierung des Geschlechtsverhältnisses, eine Bestätigung, welche ebenso wichtig ist, wie die in *Brook*'s „Heredity“[1]) enthaltene Sammlung von Thatsachen.

Aus den Versuchen von Hoffmann geht auch noch hervor, wie gross der numerische Wert für das Geschlechtsverhältnis des Hanfes ist. Er erhielt im ganzen 1530 männliche und 1867 weibliche Pflanzen, was einem Geschlechtsverhältnis von 81,95 Männchen zu 100 Weibchen entspricht. Diese Zahl stimmt sehr gut überein mit den von verschiedenen andern Forschern gefundenen Zahlen. Eine Zusammenstellung solcher Ergebnisse findet sich in einer Arbeit von *Heyer*[2]). Fügt man zu dieser die Resultate von Hoffmann hinzu, so erhält man folgende Tabelle:

	männl.	weibl.	Summe	Geschl.-Verhältn.
Hanf in Deutschland (Heyer)	640	713	1353	89,76
„ „ „ „	621	718	1339	86,49
„ „ „ „	1533	1788	3321	85,73
„ „ Österreich (Haberland)	2850	3432	6282	83,04
„ „ Frankreich (Giron de Buzareingues)	1052	1224	2276	85,94
„ „ Deutschland (Hoffmann)	1530	1867	3397	81,95
Summe	8226	9742	17968	84,44

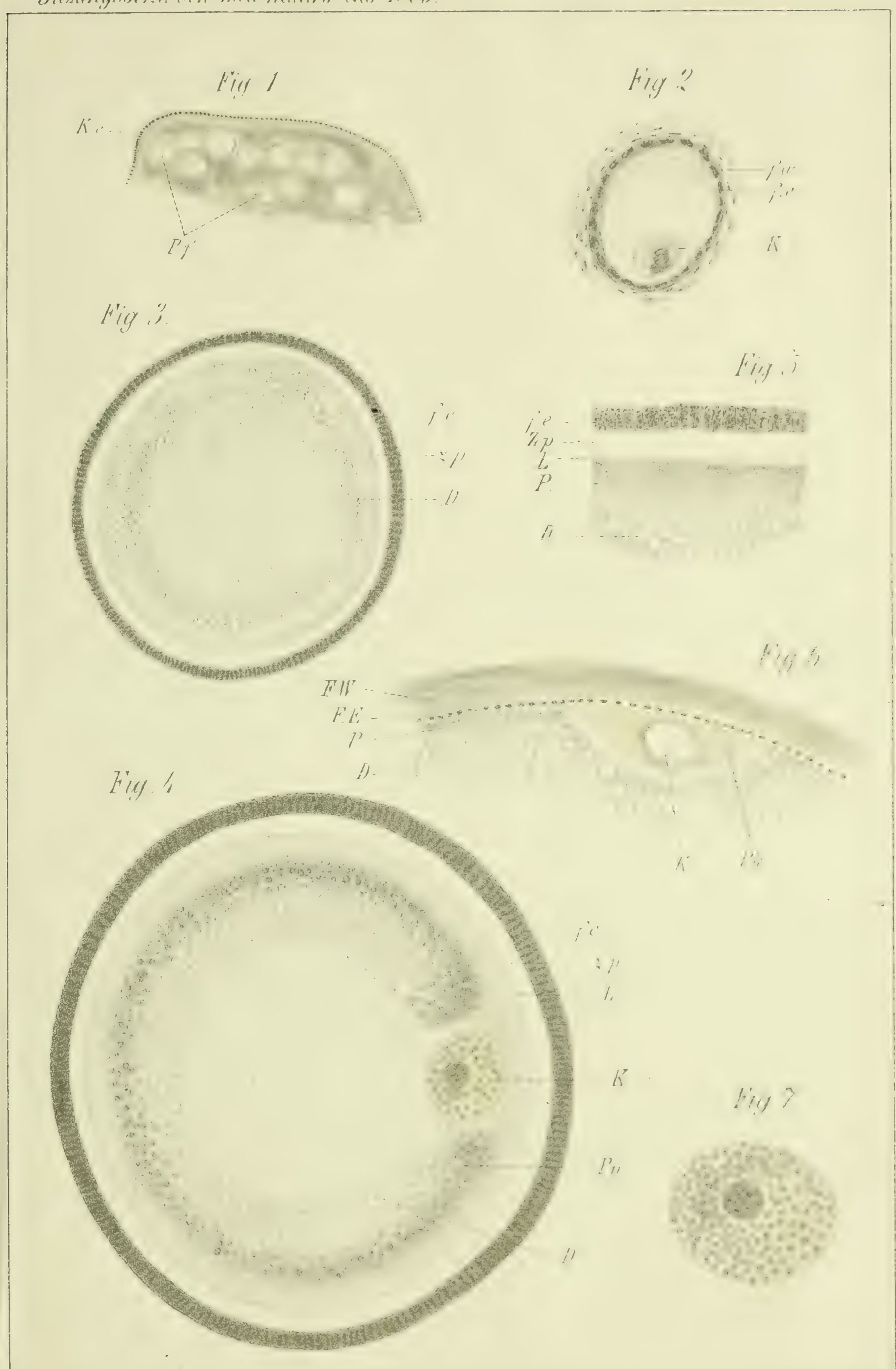
Aus dieser Tabelle geht hervor, dass beim Hanf im allgemeinen etwas mehr Weibchen hervorgebracht werden als Männchen und zwar zeigt sich ziemlich konstant stets ein Verhältnis, welches nicht viel von dem mittleren 84,44 zu 100 abweicht.

Bei den übrigen von Hoffmann untersuchten Pflanzen lässt sich ein mittleres Geschlechtsverhältnis nicht berechnen, da dasselbe infolge der Einwirkung der schlechteren Ernährung ein zu verschiedenes ist.

---

1) Man vgl. die Jenaische Zeitschr. f. Naturwissensch. 1885, pg. 452.

2) Untersuchungen über das Verhältnis des Geschlechtes etc. Berichte aus dem physiologischen Institute der Universität Halle.


Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3.
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
K
Pf
FW
FE
P
D
Zp
L
Pn



Beitrag zur Kenntniss der Eierstockeier bei Echidna.

Von

G. A. Guldberg, Christiania.

(Mit einer Tafel).

Als Dr. Lumholtz von einem vierjährigen Aufenthalt in verschiedenen Gegenden, namentlich im nördlichen Theil Australiens, im Jahre 1884 wieder nach seinem Vaterlande Norwegen zurückkehrte, hatte er ausser einer Menge von Bälgen, Skeletten, Schädeln und verschiedenen Knochen von Beutelthieren und Monotremen auch einige Weichtheile von Echidna hystrix mitgebracht; unter diesen letzteren befand sich der ganze Genitaltractus eines weiblichen Individuums, dessen Ovarien fast reife Follikeln enthielten.

Obgleich das sehr schön in Alkohol conservirte Material ziemlich beschränkt war, glaubte ich doch das eine Ovarium für mikroskopische Zwecke opfern zu dürfen, um die Entwickelung der Eierstockeier näher kennen zu lernen, was vielleicht um so höheres Interesse darbieten möchte, als gerade in allerjüngster Zeit die merkwürdige Thatsache, das Eierlegen der Monotremen, von verschiedenen Forschern (Caldwell, Haacke) festgestellt worden ist.

Von früheren Untersuchungen, die wir hier zunächst zu berücksichtigen haben, ist erstens zu erwähnen die von Sir R. Owen gelieferte Beschreibung der Uterineier von Echidna hystrix (Philos. Trans. of the Roy. Soc. vol. 171. Part. III, pag. 1051—1054 und Pl. 39). Das kleinste von den 4 Uterineiern mass $2\frac{1}{2}$ Mm. im Durchmesser, das grösste 6 Mm. Die beiden Eierstöcke waren gleich gross, was ich nach meinen Untersuchungen nur bestätigen kann. Auf Tafel 39 derselben Abhandlung wird der ganze obere Theil des Genitaltractus mit den Ovarien, die theils kleinere, theils grössere, stark prominirende Follikel zeigen, abgebildet. Die äussere Membran des Eies, Hyalinion oder zona pellucida genannt, ähnelt der gleichen bei Ornithorhynchus, ebenso werden hyaline Körperchen in der Dottermasse erwähnt. Er glaubt auch die beginnende Furchung in einem 6 Mm. grossen Ei nachgewiesen zu haben (cfr. l. c. pag. 1053). Ferner geht aus seinen Untersuchungen hervor, dass das Ei im Uterus eine Zeit

lang an Grösse zunimmt, und dass es in keinen organischen Zusammenhang mit der Uterinwand tritt.

Neuerdings hat Mr. Poulton (Quarterly journal of micr. science, 1884, pag. 124—128, Pl. V., Fig. 8—12) das Ovarium von Ornithorhynchus untersucht. Die grössten Follikel massen ungefähr 1 Mm. im Durchmesser und schienen nicht reif gewesen zu sein. Er weist nach, dass die Eier nur eine einschichtige Lage von Follikelepithel besitzen und dass sie den Follikel vollständig ausfüllen, so lange sie im Eierstock bleiben, ein sehr wichtiges Verhältniss, das ich auch für Echidna bestätigen kann. Er beschreibt eine zona pellucida, nimmt eine Sonderung zwischen Nahrungs- und Bildungsdotter an und constatirt die excentrische Lage des Kerns.

Dies ist das Wenige, was in der Litteratur über die uns beschäftigende Frage sich vorfindet. Wir wenden uns nun zu unserer eigenen Untersuchung, welche an dem linken der oben erwähnten Ovarien von Echidna ausgeführt wurde.

Die beiden Eierstöcke massen 19 Mm. in der Länge, 14 Mm. in der Breite und 8 Mm. in der Dicke. Beide waren gleich gross und hatten eine sehr höckerige Oberfläche, weil die mehr oder weniger entwickelten Follikel halbkugelige Prominenzen bildeten. Die grössten ganz kugeligen Follikel hatten einen Durchmesser von 3 Mm. oder noch ein wenig mehr und ragten so weit aus dem Ovarium hervor, dass ihre freie Oberfläche fast $\frac{3}{4}$ einer Kugel bildete. Die zwischenliegende Oberfläche des Ovariums zeigte tiefere und seichtere Furchen; auf dem Querschnitt scheint daher die periphere Partie des Ovariums wie in Falten gelegt.

Ueberall findet man ein deutliches Keimepithel an der Oberfläche (cfr. Fig. 1, *Ke.*). Nur über den am stärksten prominirenden Follikeln scheint dasselbe zu fehlen; besonders da, wo die Follikelwand sehr verdünnt war, konnte ich es nicht mit Bestimmtheit nachweisen. Die Zellen des Keimepithels sind gewöhnlich kubisch, an den oberflächlichst liegenden Partien dagegen mehr abgeplattet, während sie sich in den Furchen mehr einer niedrig cylindrischen Form nähern.

Das periphere Ovarialstroma (dasjenige der Zona parenchymatosa) ist an Zellkernen sehr reich, die nur wenig Bindegewebsfasern zwischen sich haben. Um die Follikel bildet es eine faserige Wand, ebenso treten stärkere Faserzüge im Innern (Zona vasculosa) auf. Von Interesse ist, zu bemerken, dass die Kerne des

Bindegewebes viel zahlreicher in den Partien auftreten, wo die Primärfollikel häufig sind, als da, wo dies nicht der Fall ist. Der als Zona parenchymatosa bezeichnete periphere Theil des Ovariums hat eine geringe Breite, oft nur eine einzelne Reihe von Primärfollikeln enthaltend; an anderen Stellen können jedoch 2—3 parallele Reihen auftreten. Die Zona vasculosa war an dem untersuchten Präparat sehr gefässreich; hie und da schienen mir grössere Gefässsinus aufzutreten.

Die Eifollikel bieten uns indessen das ungleich grösste Interesse dar.

In den Primärfollikeln haben die Eier eine Grösse von 0.040—0.045 Mm. im Durchmesser. Der ziemlich grosse Kern misst 0.015—0.020 Mm., das Kernkörperchen 0.004—0.006 Mm. im Durchmesser. Der Kern (Fig. 2, *K*) nimmt öfters jetzt schon eine excentrische Lage ein. Die Wand des Follikels (Fig. 2, *fw*) wird gebildet von einer bindegewebigen äusseren Schicht und einer einschichtigen Lage abgeplatteten Epithels (*fe*) nach innen. Den Raum dieses Follikels füllt das Ei vollständig aus. Das Zellprotoplasma hat ein homogenes, schwach gekörntes Aussehen.

Betrachten wir nun die in der Entwickelung weiter vorgeschrittenen Eier, die an Grösse bedeutend zugenommen haben, so finden wir auch hier ein Verhältniss, was in der ganzen weiteren Entwickelung fortbestehen bleibt, dass nämlich das Ei den Follikel vollständig ausfüllt. Unsere Aufmerksamkeit wird ferner auf eine im Eiprotoplasma erscheinende Differenzirung gelenkt, die von grossem Interesse ist und in den verschiedenen Entwicklungsstadien des Eies sich etwas verschieden verhält.

1. Betrachten wir z. B. ein 0.273 Mm. grosses Ei, so tritt uns sofort in die Augen ein perlenähnlicher Kranz von hellen, klaren, stark lichtbrechenden Dotterkügelchen, die den peripheren Theil des Eies einnehmen (Fig. 3, *D*). Im Anfange bilden sie nur einen schmalen Streifen, später, je nachdem das Ei sich vergrössert, wird dieser Streifen immer breiter durch die zahlreicher auftretenden Dotterkügelchen. Sie lassen sich in diesem Entwickelungsstadium des Eies nicht durch Carmin färben, während das ausserhalb liegende Protoplasma oft einen dunkleren Teint annimmt.

Ferner bemerkt man eine das Ei umgebende, stark lichtbrechende Zona pellucida (Fig. 3, *zp*). Diese hatte in dem besprochenen 0.273 Mm. grossen Ei eine Dicke von 0.01 Mm. Auch

schon in kleineren Eiern kann man Spuren von dieser Membran bemerken; so habe ich in einem 0.088 Mm. grossen Ei eine ganz dünne glashelle Schicht um das Eiprotoplasma gesehen, als eine erste Andeutung einer Zona pellucida.

Das auf der Zona sitzende Follikelepithel, die Membrana granulosa (Fig. 3, *fe*), wird von theils kubischen, theils mehr cylindrischen Epithelzellen gebildet. Diese adhäriren sehr fest an der innerhalb liegenden Zona pellucida. Auf Präparaten, wo das geschrumpfte Ei sich in Falten gelegt hatte, war das Follikelepithel von der Follikelwand losgerissen und folgte den Faltungen der Zona. Ja, in der weiteren Entwickelung des Eies, wenn es der Reife nahe ist und etwa 2 Mm. oder mehr im Durchmesser hat, ist die Zona pellucida nicht mehr zu sehen und die fast nur aus Dotterkügelchen bestehende Eimasse liegt nackt in der von etwas abgeplatteten Follikelepithelien gebildeten Membran, die wir nach Balfour *Chorion* nennen wollen.

Der rund-ovale Kern nähert sich nun der Peripherie mehr und mehr. Um das eine ziemlich grosse Kernkörperchen sind noch mehrere ganz kleine aufgetreten, die sich doch nicht so stark tingiren wie das grosse primäre. In einem 0.30 Mm. grossen Ei mit sehr deutlichem Kranz von Dotterkügelchen mass der Kern 0.056 Mm. und das Kernkörperchen 0.014 Mm. In einem 0.35 Mm. grossem Ei mit mehreren parallelen Reihen von kreisförmig geordneten hellen Dotterkügelchen mass der Kern 0.070 Mm. und das Kernkörperchen 0.0145 Mm. im Durchmesser.

2. In der weiteren Entwickelung des Eies, das fortwährend an Grösse zunimmt, füllt sich das Eiprotoplasma mehr und mehr mit runden Dotterkügelchen, die in dem peripherem Theile besonders gross sind. So sieht man in einem 0.45 Mm. grossen Eie schon eine bedeutende Masse von Dotterkügelchen (Fig. 4, *D*). Diese sind noch durch eine ziemlich dicke, etwas tingirbare Protoplasmaschicht von der Zona pellucida geschieden.

Während der innerhalb liegende, helle Kranz von Dotterkügelchen von Carminfarben nicht gefärbt wird, zeigt der dicht anschliessende Theil der äusseren Protoplasmaschicht sich ziemlich tingirbar; man bemerkt auch hier eine Menge von kleinen granulirten Kügelchen, die mit Carmin sich färben und in der Umgebung vom Kerne am zahlreichsten auftreten (*Pn*). Der centrale, nach innen von den hellen Dotterkügelchen gelegene Theil des Eiprotoplasma ist fein granulirt und zeigt sich sehr wenig tingirbar. (cfr. Fig. 4).

Im besprochenen Ei mass die Zona pellucida ungefähr 0.012 Mm., die von kubisch-cylindrischen Epithelzellen gebildete Membrana granulosa war von 0.008—0.016 Mm. Dicke. Die hellen Dotterkügelchen hatten 0.004—0.008 Mm. im Durchmesser. Der excentrisch gelegene, rund-ovale Kern mass 0.088 Mm. in der Länge und 0.055 in der Breite. Das runde, auch excentrisch gelegene Kernkörperchen mass 0.020 Mm. im Diameter. Es war von zahlreichen kleinen Keimfleckchen umgeben.

3. Wenn die Eier sich einem Millimeter im Durchmesser nähern, ist schon die Masse der Dotterkügelchen sehr bedeutend gewachsen. Sie nehmen den grösseren Theil der peripheren Partie des Eies ein, indem sie nur von einer sehr dünnen, granulirten Protoplasmaschicht von der Zona pellucida geschieden sind. Gegen das Centrum werden die Dotterkügelchen kleiner, und im centralen Theil des Eies bleibt auch in der weiteren Entwickelung fortwährend ein Rest von körnigem Protoplasma übrig, ohne sich vollständig in Dotterkügelchen zu differenziren. Wenn wir die einzelnen Theile eines Eies in diesem Entwickelungsstadium näher betrachten (cfr. Fig. 5), finden wir Folgendes: Das kubische Epithel der Membrana granulosa (Chorion), bleibt wie immer, einschichtig. Zona pellucida (Fig. 5, *Zp.*) misst 0.008 Mm. Innerhalb dieser kommt eine dünne glashelle, doppeltcontourirte Schicht (Fig. 5 *L*), die als eine äusserste, differenzirte Protoplasmaschicht zu betrachten ist. Der periphere, die Dotterkügelchen umgebende Theil des Protoplasma misst 0.006—0.008 Mm. in der Dicke, innerhalb welcher die hellen und klaren Dotterkügelchen aufzutreten (Figur 5, *D*) beginnen.

Die Dotterkugelmasse bildet ein ziemlich breites, kreisförmiges Band, welches in den 1 Millimeter grossen Eiern den grössten Theil des Eiinhalts einnimmt. Die grössten Kugeln sind in der Peripherie, nach innen werden sie allmählich kleiner, um sich nach und nach in das körnige Protoplasma der centralen Partie zu verlieren. Der excentrische, nahe an der Zona pellucida gelegene Kern ist durch eine dünnere oder breitere, granulirte Protoplasmaschicht von den Dotterkügelchen geschieden und hat eine rund-ovale Form. Die Kernmembran ist deutlich, aber dünn. Das Kernkörperchen (Keimfleck) nimmt auch eine excentrische Lage ein, manchmal der Kernmembran sehr naheliegend. Um das Kernkörperchen herum und sonst im Kerne mehr zerstreut findet man eine beträchtliche Zahl ganz kleiner runder Nucleoli oder Keimfleckchen, die auch in Grösse variiren; sie färben sich, wie schon

oben gesagt, nicht so stark wie das grosse primäre Kernkörperchen. Dicht neben letzterem häufen sich die kleinen Kernkörperchen hauptsächlich an einer Seite auf; in einzelnen Präparaten habe ich auch eine eckige Masse am Keimflecke festsitzend gesehen, die doch nicht in demselben Grade tingirbar war, als der Keimfleck selbst (cfr. Fig. 7). Dieser ist fast immer ganz rund und färbt sich wie gewöhnlich sehr intensiv; er enthält in der centralen Partie gewöhnlich zwei, aber auch mehrere unregelmässig geformte Nucleolinen; zuweilen habe ich auch runde, hellere und dunklere Körperchen gesehen (cfr. Fig. 7).

4. Die weitere Entwickelung des Eies besteht hauptsächlich in einer fortwährenden Zunahme an Grösse, indem die Dotterkugeln immer zahlreicher werden; die Eimembranen dagegen werden dünner.

Wenn wir ein Ei von 2½ Mm. Diameter betrachten, finden wir die ganze Eimasse hauptsächlich aus Dotterkügelchen bestehend, von welchen die grössten einen Diameter von 0.025—0.028 Mm. besitzen. Die früher erwähnte centrale Protoplasmamasse hält sich noch einigermassen undifferenzirt, obgleich an Masse immer geringer werdend; man wird nämlich bemerken, dass zwischen der granulirten Masse auch hier eine beträchtliche Zahl ganz kleiner Dotterkügelchen aufgetreten ist. Die Fähigkeit sich zu färben, ist jetzt grösser geworden, man sieht daher fast alle Dotterkugeln durch Carmin (Boraxcarmin und Meyers Carmin) gefärbt und zwar die grössten am intensivsten. In Bezug auf die Vertheilung der Dotterkugelmasse ist es interessant zu bemerken, dass die grössten Dotterkugeln am zahlreichsten in dem dem Kern entgegengesetzten Pole sich angesammelt haben. Die periphere Dotterschicht des Eies enthält auch ganz kleine Kügelchen; als die äusserste kann man noch eine ganz dünne granulirte Protoplasmaschicht, zwar auch mit kleinsten Kügelchen versehen, wahrnehmen [1]).

---

[1]) In Bezug auf die Differenzirung der granulirten Protoplasmamasse in Dotterkugeln scheint es, dass die letzteren erst als ganz kleine Kügelchen auftreten und nach und nach sich vergrössern. Sie bestehen aus einer ganz homogenen klaren Masse; auch wenn sie sich in einem späteren Stadium färben, kann man keine besondere Membran bemerken, insofern man nicht die äusserste homogene Schicht, die wahrscheinlich verdickt ist, als eine solche ansprechen will. Dass sie aber im Laufe der Entwickelung sich chemisch verändern, ist höchst wahrscheinlich, da sie im

Von der Zona pellucida wird man keine Spuren mehr finden, wenn man nicht den glashellen Innenrand des Chorion als einen Rest der Zona ansehen will. Dagegen bildet das Follikelepithel ein dünnes helles Chorion, das, wie früher erwähnt, nur von einer einschichtigen Epithellage gebildet ist. Die Zellgrenzen dieser Epithellage sind nicht mehr zu unterscheiden; es scheint, als ob die Zellen verschmolzen sind, um eine helle, schwach tingirbare Membran zu bilden, deren Kerne als ovale Gebilde mit der Längsachse der Peripherie nach gerichtet, sich darstellen (cfr. Figur 6, *F*, *E*).

Der Kern liegt dem Chorion ganz nahe (cfr. Fig. 6, *K*) und ist in einer dem Ovarium entlegenen Partie und etwas zur Seite von dem am meisten prominirenden Theile gelegen [1]).

Er ist von einer schwach tingirten Dottermasse (Fig. 6, *Pk*) umgeben, die hauptsächlich aus sehr kleinen, hellen und wenig färbbaren Kügelchen gebildet ist. Diese kugelig-körnige Dottermasse bildet eine halbmondförmige Umgebungsschicht, die den Kern von der eigentlichen Dotterkugelmasse scheidet. Durch den an der Eimembran zunächst liegenden Theil setzt diese Schicht sich fort in die früher erwähnte, dünne periphere Schicht. Diese halbmondförmige Umgebungsschicht wird in der weiteren Entwicklung immer flacher und bildet eine dem Vogelei ähnliche Bildungsdotterschicht, die höchst wahrscheinlich mit der hellen, körnigen centralen Dottermasse in Verbindung steht.

Der Kern selbst unterscheidet sich nicht erheblich von demjenigen eines früheren Stadiums. Nur hat er an Grösse bedeutend zugenommen. Der rund-ovale Kern eines $2\frac{1}{2}$ Mm. grossen Eies, den ich isolirte und färbte, besass die beträchtliche Grösse von 0.120 Mm. in der Länge und 0.104 Mm. in der Breite, die Höhe ist wahrscheinlich sehr klein. Das Kernkörperchen mass 0.024 Mm. im Diameter. Die Anzahl der kleineren Keimfleckchen, deren grösstes 0.004 Mm. mass, hatte sehr zugenommen (Fig. 7). Ich konnte eine doppelt-contourirte Kernmembran unterscheiden, wie auch (mit homogen Imm. $\frac{1}{12}$ Zeiss) eine feine körnige Substanz zwischen den kleinen Keimflecken zu beobachten war.

Erwähnenswerth sind auch die in Rückbildung sich be-

Gegensatz zu den früh auftretenden im späteren Stadium sich oft energisch färben.

[1]) An einigen Präparaten lag der Kern in einer dem Ovarialstroma nächstliegenden Partie.

findenden Follikel, von denen mehrere auch in Verkalkungen übergegangen waren. Von diesen letzteren massen keine über $\frac{1}{2}$ Mm. im Durchmesser.

Die Follikelwand zeigt sich sehr verdickt, während die Zona pellucida nach dem Follikelepithel sich noch lange erhält. Im Anfange wird der Eiinhalt trübe, und die helleren Dotterkügelchen liegen zerstreut. Das weitere Schicksal, bis der Eiinhalt ganz verkalkt, konnte ich nicht verfolgen. Der Inhalt zeigt sich bei durchfallendem Lichte ganz dunkelgrau, etwas bröckelig, bei auffallendem Lichte ist er weiss.

Fassen wir nun die hier beschriebenen Thatsachen zusammen, so ergiebt sich Folgendes:

1. Das Ovarialei füllt während seiner ganzen Entwickelung den Eifollikel vollkommen aus und ist nur von einer einschichtigen Lage Follikelepithel umgeben, welche später eine bleibende Hülle um das Ei bildet. Dadurch unterscheidet es sich von allen bisher bekannten Eiformen anderer Säugethierordnungen.

2. Es tritt während der Entwickelung des Eies eine Differenzirung im Protoplasma ein, die sich durch immer zahlreicher auftretende, kleinere und grössere Dotterkugeln bekundet. Diese Dotterkugeln füllen nach und nach das an Grösse immer zunehmende Ei aus, so dass zuletzt nur ein kleiner Theil von dem weniger differenzierten Protoplasma den an der Peripherie belegenen Kern umgiebt.

3. Man kann daher im Ei zwei Pole unterscheiden, nämlich einen meistens vom Ovarialstroma abgelegenen Pol, wo der Kern liegt, Kernpol, der von einer flachen Schicht granulirten Dottermasse umgeben ist, und einen entgegengesetzten Dotterpol, wo die grössten Dotterkugeln am zahlreichsten angesammelt sind.

4. Das Ei misst wenigstens $2\frac{1}{2}$ Mm. in Diameter, ehe es sein Ovarium verlässt, wahrscheinlich erreicht es etwa 3 Mm. Die Eimembran besteht dann hauptsächlich nur aus der als Chorion bezeichneten und allein aus Follikelepithel gebildeten Hülle.

5. Der Kern zeichnet sich ausser seiner Grösse besonders durch die zahlreich auftretenden kleineren Nebenkeimflecke aus.

Es geht aus den dargestellten Verhältnissen hervor, dass das Echidnaei in vielen Beziehungen dem Eitypus

der Sauropsiden sich nähert. Ich kann mich daher den Ansichten Mr. Poultens vollständig anschliessen, insofern man hier eine inaequale Dotterfurchung erwarten darf. Nach den bisherigen Untersuchungen scheint es wohl nicht zu gewagt zu sagen, dass unter allen bekannten Säugethierformen die Monotremen die grössten Eier besitzen.

Die vorliegende Untersuchung habe ich theils im zootomischen Institut zu Christiania, hauptsächlich aber im anatomischen Institut zu Jena unter Leitung von Herrn Prof. Dr. O. Hertwig ausgeführt, welchem letzteren ich hiermit meinen besten Dank ausspreche.

Jena, im Juli 1885.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Querschnitt durch die Zona parenchymatosa des Eierstocks, das Keimepithel (*K.e*) und die Primärfollikel (*P.f*) zeigend. Gezeichnet mit cam. luc. obj. *AA*, oc. 2, Zeiss.

Fig. 2. Einzelner Primärfollikel mit der bindegewebigen Follikelwand (*f.w*), Follikelepithel (*f.e*). Der Kern (*K*) liegt excentrisch der Peripherie sehr nahe; das Eiprotoplasma granulirt. Gezeichnet mit cam. luc. obj. *DD*, oc. 2, Zeiss.

Fig. 3. Ein 0.273 mm grosses Ei. *f.e.* Follikelepithel, *zp.* Zona pellucida, *D.* der Dotterkugelkranz. Nach innen und aussen vor den Dotterkugeln sieht man das körnige Eiprotoplasma. Gezeichnet mit cam. luc. obj. *C*, oc. 2, Zeiss.

Fig. 4. Ein 0.45 mm grosses Ei. *f.e.* das Follikelepithel, *z.p* die Zona pellucida, *L.* eine glashelle Membran, die als eine äussere Schicht des Eiprotoplasmas aufzufassen ist. *D.* die hellen Dotterkugeln, *Pn.* die äussere granulierte Schicht des Protoplasma, die aus granulirten Kügelchen besteht und sich stärker färbt als das übrige Protoplasma. *K.* der Kern mit einem grossen Kernkörperchen und mehreren kleinen. — Gezeichnet mit cam. luc. Obj. *C.* oc. 2, Zeiss.

Fig. 5. Die Eihüllen und die äusserste Protoplasmaschicht eines ungefähr 0.70 mm grossen Eies (Picrocarminfärbung). —*f.e.* Follikelepithel, *Z.p.* Zona pellucida, *L.* glashelle Membran der äusseren

Protoplasmaschicht (*P*), *D.* helle Dotterkügelchen. Gezeichnet mit cam. luc. Obj. *DD.* Oc. 2, Zeiss.

Fig. 6. Segment (Kernpol) eines 2 ½ mm grossen Eies. Halbschematisch gezeichnet. *F.W.* Follikelwand [1]), *F.E.* Follikelepithel, *P.* Protoplasma, *D.* Dotterkugel, *K.* Kern, *Pk.* der halbmondförmige, körnig-kugelige Theil des Protoplasma, der den Kern umgiebt.

Fig. 7. Der Kern eines 2 ½ mm grossen Eies, in Boraxcarmin gefärbt. Man bemerkt das grosse Kernkörperchen und die zahlreichen kleinen Nebenkeimfleckchen, die sich nicht so stark färben wie das grosse primäre.

Über das Zustandekommen der sogenannten Eiweissreactionen.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

Die Eiweissnachweise scheiden sich naturgemäss in zwei Gruppen: in die Farbenreactionen und in die Fällungsnachweise. Letztere Kategorie zerfällt in zwei Unterabtheilungen: in die directen Fällungsmethoden, bei denen die Eiweisskörper als solche niedergeschlagen werden, und in die indirecten Fällungsmethoden (sog. Alkaloïdreactionen), bei welchen eine schwer lösliche Verbindung geschaffen wird. Obschon die sog. indirecten Fällungen wegen des zusammengesetzteren Molecüls der dabei entstehenden Verbindung, theoretisch betrachtet, die empfindlichsten Nachweise abgeben müssen, so sind in letzterer Zeit doch die directen Niederschlagsmethoden die bevorzugteren geworden; denn diese bieten unter anderen Vortheilen vornehmlich den, bei Ausführung an den Lösungen verschiedener Albuminstoffe direct vergleichbar zu sein, während die indirecten Fällungsmethoden und ebenso die Farbenreactionen keinen Vergleich in der angegebenen Richtung ohne Weiteres gestatten. Das Zustandekommen der Farbenreactionen hängt ab von der Anwesenheit bestimmter Atomcomplexe, deren Existenz zwar bei jedem echten Eiweissstoffe gewahrt zu sein scheint, bei deren Ausfall der Kern der Verbindung jedoch keineswegs verändert zu sein braucht. Dass nicht auch bei vielen in-

---

[1]) Diese enthält mehrere Kerne, die hier nicht gezeichnet sind.

directen Fällungsmethoden die Existenz bestimmter Seitenketten wesentlich in Betracht kommt, wird erst noch zu beweisen sein.

Abgesehen von ihrer zweifelhaften practischen Bedeutung wird den sog. Eiweissreactionen jeder wissenschaftliche Werth so lange abgesprochen werden müssen, bis klargestellt ist, welche Atomgruppen für ihr Zustandekommen unbedingt erforderlich sind und durch sie indicirt werden. Zur Entscheidung dieser Fragen erschien mir die Untersuchung besonders solcher Substanzen dringend geboten, welche von den echten Eiweissstoffen in ihren Zersetzungsproducten oder in ihrer elementaren Zusammensetzung mehr oder weniger erheblich abweichen, mehrere Reactionen jedoch mit ihnen theilen. Stoffe dieser Art sind die Albuminoïde und die Glieder der von mir jüngst[1]) abgegrenzten Gruppe der Skeletine. Die Repräsentanten beider Classen zeichnen sich nun leider aber durch eine Unlöslichkeit für Wasser aus, und vielen derselben ist auch eine grosse Resistenz gegenüber den proteolytischen Enzymen eigen so dass nur die Farbenreactionen der Eiweisskörper zu einer vergleichenden Prüfung im angegebenen Sinne Verwendung finden konnten. Hier zeigte sich nun aber auf's Schlagendste, dass die einzelnen Farbenreactionen der Eiweisskörper völlig inadäquaten Natur und schliesslich auch wohl wenig belangreich sind für der Nachweis einer Constanz des Kernes im Eiweissmolecül, indem sie meist nur Annexe, d. h. dem Stammkern angelagerte Atomgruppen betreffen, und deshalb das Eintreten der einen Reaction keineswegs das Fehlschlagen einer anderen von vornherein ausschliesst.

Die Erfahrungen über das Eintreten der **Millon'schen Reaction** scheinen mir den Schluss zu gestatten, dass dieselbe an einen Atomcomplex gebunden ist, der direct oder indirect als Tyrosin abgespalten werden kann. Entgegen dem Bedenken *Drechsel's*[2]), das von *Erlenmeyer* und *Schöffer*[3]) beim Kochen von Elastin mit verdünnter Schwefelsäure erhaltene Tyrosin möge nicht dem Elastin, sondern einer Beimengung entstammen, muss ich darauf hinweisen, dass bisher noch alle Untersucher (so auch *W. Müller*) Tyrosin als Zersetzungsproduct des Elastins beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure haben auftreten sehen, und

---

1) Grundzüge einer vgl. Physiologie der thierischen Gerüstsubstanzen. Heidelberg. 1885. S. 195 u. 215.

2) *Drechsel*, Chemie der Absonderungen und Gewebe. *Hermann's* Handbuch der Physiologie. Bd. 5. Th. 1. S. 603.

3) *Erlenmeyer* und *A. Schöffer*, Journ. f. pract. Chemie. Bd. 80. 1860. S. 357—359.

dass ich diese Angaben an möglichst rein erhaltenem Materiale aus dem Nackenbande vom Ochsen nur bestätigt fand. Ist Elastin, welches die *Millon*'sche Reaction giebt, thatsächlich frei von Schwefel, so kann die Tyrosinbildung nicht unabänderlich an die Gegenwart einer schwefelhaltigen Gruppe im Molecül geknüpft sein. Übrigens denken wir uns die Verhältnisse nicht so wie *Liebig*, der die Eiweisskörper und gewisse Albuminoïde als gepaarte Verbindungen betrachtete, welche als Paarlinge unter anderm auch Tyrosin enthalten, sondern wir lassen als Paarling derselben nur eine oder mehrere Tyrosin bildende Gruppen zu.

Diesem Verhalten entsprechend, charakterisirt die *Millon*'sche Reaction die Tyrosin liefernden Eiweissstoffe, Albuminate, Proteïde, Albuminoïde (Keratin, Elastoïdin [1]), Elastin) und Skeletine (Fibroïn), während sämmtliche Glieder dieser Classen, welche weder bei den Fäulnissvorgängen noch beim Kochen mit verdünnten Säuren Tyrosin als Zersetzungsproduct liefern (Collagen; Conchiolin, Spongin, Chitin), die *Millon*'sche Reaction nicht zeigen. Gegenwärtig hat diese Regel nur noch eine einzige Ausnahme zuzulassen: Corneïn [2]) nämlich, welches mit verdünnten Säuren und siedendem Wasser, stundenlang mit siedender concentrirter Kalilauge behandelt und tagelang der abwechselnden Einwirkung von kräftiger Pepsinsalzsäure und alkalischer Trypsinlösung bei 38 ^{0} *C.* ausgesetzt gewesen ist, giebt stets noch die *Millon*'sche Reaction, und so sehr man auch geneigt sein könnte, in den bei der Reaction sich ganz circumscript stärker röthenden Stellen der Corneïnstückchen den Beweis für eine eiweissartige Beimengung des Corneïns zu sehen, so lehrt doch die genaue mikroskopische Untersuchung, dass jene intensiver gefärbten Partieen nur derbere und fester struirte, demnach auch corneïnreichere sind als diejenigen, welche sich beim Kochen mit *Millon*'s Reagens weit schwächer röthen. Aus Corneïn ist bekanntlich aber kein Tyrosin zu erhalten gewesen; beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure zerfällt es in Leucin und Cornikrystallin. Zwei Möglichkeiten sind hier indess noch immer zuzulassen: 1) liefert das Corneïn vielleicht doch Tyrosin, denn so sicher scheint mir durch die bisher aus-

---

1) Vergl. *Krukenberg*, Über die chem. Beschaffenheit der sog. Hornfäden von Mustelus und über die Zusammensetzung der keratinösen Hüllen um den Eiern von Scyllium stellare. Mitth. a. d. zoolog. Station zu Neapel. Bd. 6. 1885. S. 286—296.

2) Vergl. *Krukenberg*, Ber. d. d. chem. Gesellsch. Bd. 17. 1884. S. 1843.

geführten Untersuchungen dessen Abwesenheit unter den Spaltungsproducten noch keineswegs verbürgt zu sein, und 2) könnte ja das unentzifferte Cornikrystallin eine complicirter zusammengesetzte Vorstufe des Tyrosin sein.

Hand in Hand gehend mit einem stärkeren oder schwächeren Ausfall sämmtlicher übrigen Eiweissreactienen, bietet die *Millon*'sche Probe quantitative Unterschiede nur bei den Hyalogenen (Spirographin und sog. Hyalin der Echinococcusblasen) dar; diese liegen darin begründet, dass die Hyalogene in den Geweben weitere Veränderungen durchmachten, ihren Eiweisscharakter dabei mehr und mehr einbüssten, um schliesslich vielleicht in echte Hyaline oder Hyalinverbindungen überzugehen.[1])

1) Wäre von mir („Die Hyaline". Würzburg 1883.) am Spirographin auch nicht der specielle Nachweis erbracht, dass die Hyalogene sich bei den einzelnen Proben gleich den Eiweisskörpern verhalten, ohne einen eiweissartigen Rest zu hinterlassen, in Hyaline übergegangen, dagegen auf die einzelnen Eiweissproben nicht mehr reagiren, so würden die quantitativen Schwankungen im Ausfall der Albuminreactionen an verschieden alten Echinococcusblasen allein schon darauf hinweisen, dass es sich bei diesem Hyalogene ebensowenig wie beim Spirographin um ein Proteïd handelt. Wiederholt sah ich die Eiweissreactionen an Echinococcusblasen ausnehmend schwach ausfallen, aber auch alsdann nicht nach tagelanger Pepsineinwirkung (wodurch albuminöse Beimengungen doch so leicht den unverdaulichen Hyalogenen zu entziehen sind) verschwinden. Trotz des schwachen Ausfalls der Eiweissreactionen hatte das Hyalogen in diesen Fällen seine Unlöslichkeit für Wasser beibehalten, was beweist, dass sein unterschiedliches Verhalten von den Hyalinen nicht in der Verbindung mit einem eiweissartigen Paarlinge, von dem hier doch so gut wie nichts vorhanden war, begründet liegt. Dass, wie *Hammarsten* (*Pflüger*'s Archiv. Bd. 36. 1885. S. 449) anzunehmen geneigt ist, Proteïde, als deren einer Paarling ein Hyalogen resp. Hyalin, als deren anderer ein Albuminkörper fungirt, vorkommen können, habe ich niemals in Abrede gestellt, sondern bei Besprechung des sog. Collagens (Chondrin und Chondroïtsäure. Sep.-Abdr. a. d. Sitzungsb. d. Würzburger physik.-med. Gesellschaft. 1884. S. 4.) selbst hervorgehoben; wichtig ist für mich jedoch, dass Hyalogene reinster Form, wie solche im Spirographin und im sog. Hyalin der Echinococcusblasen vorliegen, nicht proteïder Natur sind. Dass deren Unlöslichkeit für Wasser auch nicht auf einer Doppelverbindung mit Mineralbestandtheilen beruht, wie *Schmiedeberg* (Mittheil. a. d. zoolog. Station zu Neapel. Bd. 3. 1882. S. 387) für's Onuphin entwickelte, hätten schon *Lücke*'s Analysen (*Virchow*'s Archiv Bd. 19. 1860. S. 189) alter Echinococcusblasen lehren können, denen gemäss diese nur 0,29 % anorganische Stoffe enthalten. Die Unhaltbarkeit von *Schmiedeberg*'s sowie von

Einen beschränkteren Verbreitungskreis als die *Millon*'sche Probe besitzt die **Adamkiewicz'sche Reaction** sowie die **Kochprobe mit Salzsäure.** Eine allgemeinere Regel für das Eintreten und Nichteintreten beider Reactionen lässt sich zur Zeit noch nicht aufstellen. Gewisse Wasser abspaltende Processe, welche die Eiweisskörper in Elastine oder in Keratine verwandeln, rauben jenen die Fähigkeit, auf beide Proben zu reagiren oder setzen ihre Reactionsfähigkeit wenigstens sehr herab. Beide Reactionen können unter Umständen quantitativ sehr verschieden ausfallen, und zwar an Präparaten, die durch Eiweissstoffe in keiner Weise verunreinigt sind; diese Erscheinungen beruhen einerseits darauf, dass unter der Bezeichnung Elastin, Keratin und Collagen Substanzen verschiedener Entwicklungsphasen einbegriffen werden müssen, dass altes Elastin oder altes Collagen nicht das nämliche ist als frisch angebildetes; andererseits finden derartige Differenzen aber auch darin ihre Erklärung, dass von den chromophoren Gruppen, von welchen die echten Eiweissstoffe eine grössere Anzahl in ihrem Riesenmolecül enthalten, in den betreffenden Eiweissderivaten vielleicht nur noch zwei oder gar nur noch eine sich erhalten hat. So erklärt es sich, wenn Keratin beim Kochen mit concentrirter, roher Salzsäure in dem einen Falle eine schwach violettrothe Färbung der Säure ertheilt, in einem anderen dagegen diese Farbenreaction ausbleibt, oder wenn Fibroïn und Keratin bei Anstellung der *Adamkiewicz*'schen Probe nur zu Beginn des Kochens eine leichte Violettfärbung erkennen lassen, indem die Flüssigkeiten bei fortgesetztem Sieden ihre Farbe nicht in Purpurroth, sondern in ein unansehnliches Braungelb verändern. Sowohl bei der Koch-

---

Landwehr's ursprünglicher, bereits von *Giacosa* (Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 7. 1882. S. 52) angegriffener Auffassung, dass die Hyalogene nur Gemische von Eiweisskörpern und Hyalinen resp. reinen Kohlehydraten seien, würde schon ein einfacher Lösungsversuch an der unveränderten Substanz darzuthun geeignet gewesen sein, und nicht weniger unzutreffend erweist sich in ihrer Allgemeinheit die zuerst von *Giacosa* geäusserte, später auch von *Landwehr* (Zeitschr. f. physiolog. Chemie. Bd. 9. 1885. S. 366) und für das Glykoproteïd auch von *Hammarsten* vertretene Ansicht, dass es sich bei den Hyalogenen resp. Hyalinen um die chemische Verbindung von einem Kohlehydrate mit einer Globulinsubstanz handele. Wenn so einfach die Dinge lägen, wie würden dann die doch auch von *Hammarsten* (a. a. O., S. 397 und 398) erkannten intermediären stickstoffhaltigen Producte, welche mir keine Eiweissreactionen zeigten, überhaupt nur entstehen können!

probe mit Salzsäure wie auch bei der *Adamkiewicz*'schen Reaction kommt viel auf die Ausführung selbst an; ersteren Nachweis führe ich stets mit concentrirter, roher Salzsäure aus und setze das Kochen mit der zu prüfenden Substanz 5 Minuten lang über freier Flamme fort, die Eiweissprobe nach *Adamkiewicz* stelle ich schon seit Jahren ähnlich wie *Hammarsten* [1]) an. Die im Folgenden mitgetheilten Resultate sind unter genauer Beachtung dieser Vorschriften gewonnen, und speciell diejenigen, welche auf der *Adamkiewicz*'schen Reaction basiren, unter strenger Einhaltung der *Hammarsten*'schen Modification. Übrigens sind die aus den eiweissartigen Materien entstehenden farbigen Producte weder beim Verfahren nach *Adamkiewicz*, noch beim Kochen mit Salzsäure [2]) allemal die nämlichen. Betreffs letzterer Reaction habe ich in einer anderen Abhandlung [3]) einige Beispiele angeführt, und was die bei der *Adamkiewicz*'schen Probe auftretenden violetten resp. purpurnen Farbentöne anbelangt, so sei nur darauf hingewiesen, dass die beiden Absorptionsstreifen, welche das Spectrum der Flüssigkeit nach einiger Zeit darbietet, nicht in allen Proben gleich orientirt sind; bei Beginn der Reaction zeigt sich ein breites Band zwischen D und E, dem sich bald ein zweiter, nach ca. 24 Stunden zu gleicher Ausdehnung angewachsener Streifen etwa zwischen b und F hinzugesellt, welcher von *Adamkiewicz* [4]) allein gesehen wurde.

Sämmtliche Eiweissstoffe, die Albuminate (mit Einschluss der echten Albumosen und der echten Peptone) und gewiss auch alle Proteïde [5]) zeigen die *Adamkiewicz*'sche Reaction ausgesprochen scharf; Andeutungen derselben findet man fernerhin bei Keratinen (z. B. aus Kuhhorn dargestellt) und beim Fibroïn, während Conchiolin, Corneïn, Spongin, Elastoïdin, die reinen Collagene mit ihren Spaltungsproducten (den sog. Leimpeptonen) und die Elastine sich und die Flüssigkeit dabei nur gelb oder braungelb färben. Einen

1) *O. Hammarsten*, Arch. f. d. gesammte Physiol. Bd. 36. 1885. S. 389. Anm. 1.

2) Das Spectrum der Reaction ist dargestellt und näher beschrieben in meinem Aufsatze „Zur Charakteristik einiger physiologisch und klinisch wichtigeren Farbenreactionen". Würzburg. 1884.

3) *Krukenberg*, Fortgesetzte Untersuchungen über die Skeletine. Zeitschrift für Biologie. 1885.

4) *A. Adamkiewicz*, Arch. f. exp. Pathologie und Pharmak. Bd. 3. 1875. S. 419.

5) Caseïn giebt die Reaction gut.

leichten rosa Anflug nimmt beim Kochen mit Eisessig und Schwefelsäure auch das Chitin an, bevor es sich löst.

Die Salzsäurereaction gelingt an einigen Substanzen, an welchen der Nachweis von *Adamkiewicz* versagt oder wenigstens unzuverlässig bleibt. So nimmt concentrirte, rohe Salzsäure beim Kochen und Eindampfen (am besten auf dem Wasserbade) mit Fibroïn eine prachtvoll blauviolette Färbung an, und auch am Elastin (aus dem Nackenbande vom Ochsen) wie am Elastoïdin stellt sich eine Violett- oder Purpurfärbung mit voller Deutlichkeit ein, wenn schon dieselbe bei den letzten beiden Substanzen länger auf sich warten lässt; unsicher bleibt das Resultat bei den Keratinen. Zugleich färben sämmtliche Stoffe, welche die *Adamkiewicz*'sche Reaction geben, auch die siedende Salzsäure in der für die Eiweisskörper charakteristischen Weise. Beim Erhitzen mit Corneïn, Conchiolin, Spongin oder Chitin nimmt concentrirte, rohe Salzsäure nur eine gelbe, später eine bräunliche Farbe an, obschon, wie wir sahen, das Corneïn durch *Millon*'s Reagens bei Siedetemperatur geröthet wird.

Die **Xanthoprotheïnreaction** erstreckt sich ausser auf die Eiweissstoffe, die Albuminate, Proteïde und Albuminoïde auf das Fibroïn und Corneïn unter den Skeletinen, während die gelben oder bräunlich gelben Salpetersäurelösungen von Spongin wie Conchiolin nach dem Ammoniakzusatze gelb bleiben, niemals sich auch nur in's Bräunliche verfärben. Beim Lösen von Corneïn in concentrirter Salpetersäure ist die starke Entwicklung von Stickstoffdioxyd bemerkenswerth.

Der Ausfall der **Biuretprobe** ist bei den einzelnen, in Betracht kommenden Stoffen insofern Wechseln unterworfen, als es zum Entstehen der Purpurfärbung bald eines stärkern Erhitzens der zu prüfenden Substanz (Harnstoff) oder eines längern Erwärmens mit der Lauge (Conchiolin) bedarf, bald dagegen ein einmaliges Aufkochen der fertig gestellten Probe (Albuminstoffe) oder allein schon ein Mischen mit der Lauge und dem Kupfersulfat bei gewöhnlicher Temperatur (Albumosen und Peptone) zur Hervorrufung der Färbung ausreicht. Diese Differenzen beweisen, dass die sich durch Kupfervitriol bei alkalischer Reaction röthenden löslichen Producte nur in den Albumosen und Peptonen als solche vorgebildet sind, aus den Eiweisskörpern im engern Sinne, den Albuminoïden und Skeletinen dagegen erst unter der Einwirkung der Lauge mehr oder weniger leicht hervorgehen. Die Skeletine bieten in dieser Beziehung eine vollständige Skala dar,

indem die zum Eintreten der Biuretprobe erforderliche Transformation beim Fibroïn schon in der Kälte rasch erfolgt, schwieriger beim Spongin und erst nach anhaltendem Kochen oder erst bei Anwendung einer concentrirteren Lauge auch das Conchiolin wie Corneïn ergreift. Reines Chitin geht nach stundenlangem Kochen mit verdünnter Natronlauge niemals Zersetzungen ein, welche zu Producten führen, die sich mit Kupfervitriol röthen; eher entstehen bei dieser Operation Körper, welche auf die Kupferverbindung beim Kochen reducirend wirken.

Ganz abgesehen vom Verhalten des eigentlichen Biurets (als Zersetzungsproduct des Harnstoffs) bei der Probe, zeigt der positive Ausfall derselben am Conchiolin wie am Spongin, dass dieser unabhängig ist von der Gegenwart echter Albumosen und echter Peptone; denn die löslichen Producte, welche jene beiden Skeletine bei den verschiedenartigsten Umsetzungen liefern, reagiren weder auf die Xanthoproteïn- noch auf die *Millon*'sche Probe und können deshalb unmöglich den echten Albumosen oder Peptonen zugezählt werden; ebenso verhält es sich mit dem Collagen, dessen albumose- und peptonartigen Zersetzungsproducte, *Hofmeister*'s Semiglutin und Hemicollin, zwar durch Natronlauge und Kupfersulfat purpurn gefärbt werden, sich aber beim Kochen mit *Millon*'s Reagens nicht röthen. Die gegentheilige Angabe von *Hofmeister* [1]), dergemäss Semiglutin durch Millon's Reagens schwach rosa gefärbt wird, hat ihren Grund in einer Verunreinigung seines Präparates durch echte Albumosen oder durch echte Peptone.

Nencki's Untersuchungen [2]) ergaben für das Glutin, *Waelchli*'s Untersuchungen [3]) für das Elastin, dass aus diesen Stoffen bei der Fäulniss weder Indol noch Phenol gebildet wird. Stillschweigend scheint von diesen Autoren angenommen zu werden, dass, hinsichtlich der **Indolabspaltung,** Schmelzen mit Ätzkali dem Fäulnissvorgange gleichzustellen ist, und dass einer Indolbildung nur diejenigen albuminoïden Körper fähig sind, welche bei der Fäulniss oder beim Kochen mit verdünnten Säuren neben Leucin auch Tyrosin und von flüchtigen Fettsäuren vorwiegend Buttersäure

---

1) *Hofmeister*, Zeitschr. f. physiolog. Chemie. Bd. 2. 1878. S. 306.

2) *Nencki*, Über die Zersetzung der Gelatine und des Eiweisses bei der Fäulniss mit Pankreas. Bern. 1876.

3) *G. Waelchli*, Journ. f. pract. Chemie. N. F. Bd. 17. 1878. S. 71.

neben Valeriansäure, nicht fast nur Essigsäure bilden. Nach meinen Erfahrungen bestehen indess bezüglich der Indolbildung zwischen den Producten, welche durch schmelzendes Kali erhalten werden, und denen, welche Kochen mit verdünnten Säuren oder Fäulnissprocesse entstehen lassen, erhebliche Abweichungen, und ich stehe nicht an, die Zersetzung durch Fäulniss und die Zersetzung durch Schmelzen mit Kali als zwei ganz inadäquate Proceduren zu betrachten. Speciell die Skeletine (gleichgültig, ob sie beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure neben Leucin nur Glykocoll oder auch Tyrosin geben) liefern in's Gesammt, mit Kali geschmolzen, unzweifelhaft Indol, d. h. wenn wir unter dieser Bezeichnung die chemisch gewiss nahe verwandten Stoffe verstehen, welche durch den penetranten, sog. Indolgeruch, durch das Auftreten einer kirschrothen Färbung auf Zusatz von salpetriger Salpetersäure oder beim Einlegen eines mit Salzsäure getränkten Fichtenspahns charakterisirt sind. Nach subtilster Reinigung, nach stunden- (Corneïn, Conchiolin) oder tagelang (Chitin) unterhaltenem Auskochen mit mehrfach erneuerten Portionen concentrirter Kalilauge und 20stündigem Erhitzen mit Wasser auf 170—200° *C.* im zugeschmolzenen Glasrohre (Corneïn, Conchiolin, Fibroïn), Chitin selbst nach dem Fällen der salzsauren Lösung durch Wasserzusatz, lieferten diese Stoffe mit Kali geschmolzen regelmässig ein stark indolhaltiges Destillat; die Mittheilungen, in denen nur eines spurenweisen Auftretens von Indol unter den Zersetzungsproducten der Skeletine durch schmelzendes Kali gedacht wird, beruhen durchgängig auf einer nicht lange genug unterhaltenen Destillation und auf einem Zurückbleiben des Indols in der Schmelze. Besonders für's Chitin ist mir dieser Befund lange Zeit sehr zweifelhaft gewesen und wurde von mir auch früher [1]) auf Beimengungen bezogen. Wiederholungen meiner bereits 1881 angestellten Versuche bestätigten indess die Constanz der Indolbildung, und die Reinigungsweise des dazu verwendeten Chitins verbürgt mir jetzt, dass sich aus diesem ebenso wie aus den übrigen Skeletinen beim Schmelzen mit Kali regelmässig Indol abspaltet. Beim Schmelzen von Aetzkali mit Chitin constatirte *Ledderhose* [2]) unter den Zersetzungsproducten nur die Anwesenheit von Essigsäure und Butter-

---

1) *Krukenberg*, Vgl.-physiologische Studien. II. Reihe. I. Abth. Heidelberg. 1882. S. 60.

2) *Ledderhose*, Zeitschr. f. physiolog. Chemie. Bd. 2. 1878. S. 218.

säure, *Sundwik*[1]) fügte beiden Säuren noch die Oxalsäure hinzu, auf Indol scheinen aber auch diese beiden Untersucher nicht geprüft zu haben. Völlig unverständlich würde es sein, wenn bei diesem Sachverhalte durch die Einwirkung schmelzenden Kalis weder aus Elastin, noch aus Collagen Indol zu gewinnen wäre. Mag es nun theilweise auch darauf beruhen, dass zum Eintreten der einen oder anderen Eiweissreaction ein Schwefelgehalt der Substanz unerlässlich, für die Bildung des Indols aber nicht erforderlich ist, oder auch darin seinen Grund haben, dass die Indolnachweise weit empfindlicher als manche Eiweissproben sind, so steht doch so viel fest, dass kein einziger der in Anwendung gebrachten Eiweissnachweise den Verbreitungskreis aufzuweisen hat, welcher den durch die Indolabspaltung ermöglichten Reactionen zukommt. Selbst die Xanthoproteïnreaction, welche, wie wir sahen, am Conchiolin, Spongin und Chitin ausbleibt, steht dem Indolbildungsvermögen in ihrer allgemeinen Verbreitung nach.

Unlösliche eiweissartige Gewebsbestandtheile können durch immerhin geringfügige Eingriffe (z. B. durch schwache electrische Reize) hyalinisiren, d. h. für Wasser und für die Gewebssäfte löslich werden; in der Chondroïtsäure kennen wir eine Substanz, die durch kurze Aufbewahrung im lufttrockenen Zustande ihre Fällbarkeit durch Essigsäure, die für das frische Präparat eine quantitative ist, vollkommen einbüsst, und zahlreiche Albumin- und Nichtalbuminstoffe verlieren bekanntlich durch ein längeres Verweilen in fester Form ihre Löslichkeit; doch nur eine Substanz ist bislang bekannt geworden, welche in fester Secretform abgeschieden (also den Lebenseinflüssen entzogen) einer weitern, uns noch ganz räthselhaften Metamorphose unterliegt, in Folge deren sie ihr Vermögen, durch Pepsinsalzsäure verdaubar zu sein, verlustig geht und in einen völlig unverdaulichen Körper umgewandelt wird. Dieses ist die keratinogene Materie, deren Transformation von mir am Schalenkeratin der Selachiereier verfolgt wurde und welche, in ihrer Vollständigkeit zwar noch ganz vereinzelt dastehende Beobachtung Angaben anderer Forscher jedoch auf die Gesammtzahl der Keratine zu verallgemeinern gestatten.

Ohne einen Zusammenhang zwischen dem Unverdaulichwerden des Schalenkeratins für Pepsinsalzsäure und seiner Zersetzungsweise durch verdünnte Schwefelsäure zu ahnen, hatte ich schon

---

1) *Sundwik*, ibid. Bd. 5. 1881. S. 388.

vor mehreren Jahren gefunden [1]), dass die unverdaulich gewordenen Schalen der bereits abgelegten Selachiereier nicht, wie die peptisch verdaubaren Hüllen der intrauterinen Eier, mit verdünnter Schwefelsäure gekocht, reichlich Leucin neben Spuren von Tyrosin, sondern umgekehrt viel Tyrosin und nur wenig Leucin liefern, sich demnach wie veritabeles Keratin verhalten. Diese Beobachtung veranlasste mich, das **Verhalten** der einzelnen Albuminoïde und Skeletine **zu den proteolytischen Enzymen,** mit specieller Rücksicht auf ihre Zersetzungsproducte noch einmal näher zu studiren. Die Untersuchungen haben jedoch nicht den gewünschten Erfolg gehabt; es ergab sich nämlich, dass unter den völlig unverdaulichen Skeletinen sich sowohl solche finden, welche (wie Spongin und Conchiolin) durch siedende Schwefelsäure zersetzt, keine nachweisbare Mengen von Tyrosin liefern, sondern hauptsächlich nur Leucin oder Glycin, als auch solche (Fibroïn), bei welchen Tyrosin neben Leucin reichlich unter den Spaltungsproducten erscheint. In beiden Classen der unverdaulichen Skeletine und Albuminoïde finden sich ferner auch Repräsentanten, welche durch überhitztes Wasser vollständig (Spongin) oder bis auf höchst geringe Reste (Keratine) gelöst werden, und mit alleiniger Ausnahme des Chitins sind schliesslich auch Albuminoïde wie Skeletine einer Albumosen- und Peptonbildung fähig, wennschon es bei einigen derselben aus selbstverständlichen Gründen nur zur Entstehung von sog. Leimpeptonen kommen kann.

Liegt der Grund für das Unverdaulichwerden von Substanzen auch nicht so offen zu Tage, als es anfangs scheinen konnte, so wird doch noch immer dabei an chemische Veränderungen im Molecül gedacht werden müssen, denn dass rein texturelle Verdichtungen daran die Schuld tragen, wie von einigen Pathologen angenommen ist [2]), wird kaum denkbar sein; jedenfalls sind es aber wenig in die Augen springende chemische Wechsel, welche aus einem verdaulichen Körper einen unverdaulichen werden lassen, und auch die Frage verdient wohl eingehender discutirt zu werden, ob enzymatisch schwer angreifbare, lebende Gewebe nicht gerade durch Processe entgegengesetzter Art in leichter verdauliche todte verwandelt werden.

---

1) *Krukenberg*, Vgl.-physiolog. Studien. II. Reihe. I. Abtheil. 1882. S. 64.

2) Vgl. z. B. *v. Recklinghausen*, Handbuch der allg. Pathologie des Kreislaufs und der Ernährung. Stuttgart. 1883. S. 372 ff.

Die Beziehungen der Eiweissstoffe zu den albuminoïden Substanzen und den Kohlehydraten.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

(Mit einer Tafel.)

In seiner wichtigen Abhandlung über das Mucin und mucinähnliche Substanzen [1]) sagt Hammarsten (S. 449): „Ich halte die Entstehung von Kohlehydraten aus genuinen Eiweissstoffen im gewöhnlichen Sinne für wenig wahrscheinlich und betrachte als Muttersubstanzen der abgespaltenen Kohlehydrate zusammengesetztere Stoffe, Proteïde". Aus dieser Bemerkung ersehe ich, dass meine jetzigen Anschauungen über die Eiweisskörper von denjenigen Hammarsten's erheblich abweichen, und ich benutze diese Gelegenheit um so lieber dazu, meine diesbezüglichen Ansichten und die dieselben stützenden Untersuchungen hier mitzutheilen, als sich zeigt, dass eine Reihe von Forschern sich jetzt immer mehr den Anschauungen zuwendet, welche ich bereits 1883 [2]) ausgesprochen und an einem, zwar etwas abliegenden Objecte begründet zu haben glaube.

Ich habe schon früher [3]) in kurzen Sätzen die Gründe geltend gemacht, welche auf's Bestimmteste gegen die Auffassung der sog. Mucine wie der Hyalogene sowohl als einfache Gemische von Eiweissstoffen und Kohlehydraten wie auch als Doppelverbindungen von Hyalinen mit anorganischen Salzen oder von Eiweisskörpern mit reinen Kohlehydraten sprechen, kann mir aber nicht versagen, nochmals auf eine Inconsequenz Hammarsten's aufmerksam zu machen. Auf S. 398 seiner oben citirten Abhandlung theilt Hammarsten uns mit, dass ein Theil des Stickstoffs durch Alkali-

[1]) O. Hammarsten, Arch. f. d. ges. Physiologie. Bd. 36. 1885. S. 373—456.

[2]) Krukenberg, Über die Hyaline. Würzburg. 1883.

[3]) Krukenberg, Über das Zustandekommen der sog. Eiweissreactionen. Sitzungsber. d. Jenaischen Gesellsch. f. Medic. u. Naturwiss. 1885. II.

einwirkung aus Mucin abgespalten werde, und dass bei Einwirkung von starker Alkalilauge diese Stickstoffabgabe so reichlich erfolge, dass die Probe recht stark nach Ammoniak rieche. Seine schönen Resultate ganz vergessend, bedauert er dagegen in einer besonderen Nachschrift, dass er Landwehr's neuere Meinung[1]), dergemäss das sog. Mucin eine „chemische Verbindung von einem reinen Kohlehydrate mit einer Globulinsubstanz" ist, im Texte seiner Abhandlung nicht mehr berücksichtigen konnte, da nunmehr zwischen ihm und Landwehr die „allerbeste Übereinstimmung in den Ansichten herrsche". Ich kann dazu nur bemerken, dass, wenn die Mucine nichts Anderes als eine chemische Verbindung von einem reinen Kohlehydrate mit einer Globulinsubstanz vorstellen würden, das Auftreten der doch auch von Hammarsten erkannten, von ihm aber nicht frei von Eiweissresten erhaltenen, intermediären, stickstoffhaltigen, den Hyalinen (Onuphin, Spirographidin) in ihren chemischen Eigenschaften durchaus entsprechenden Spaltungsprodukte, welche mir keine Eiweissreactionen zeigten, ganz unmöglich wäre. Die experimentellen Ergebnisse lassen demnach in den sog. Mucinen nur die Existenz einer kohlehydratliefernden, nicht einer Kohlehydrat-Gruppe selbst zu, obschon, vom theoretischen Standpunkte aus betrachtet, von beiden Möglichkeiten keine als die bevorzugtere erscheinen würde. Die Angaben von Landwehr, welche dafür zu sprechen schienen, dass die Mucine chemische Verbindungen seines thierischen Gummis mit einer Globulinsubstanz seien, beziehen sich sämmtlich auf Producte, die erst durch tiefgreifende Zersetzungen erhalten werden konnten und gerade in Betreff des Stickstoffgehaltes von Landwehr nicht sorgsam genug untersucht sind. Man vermisst in Landwehr's zahlreichen Abhandlungen zu sehr die bindenden, analytischen Beweise für das absolute Fehlen des Stickstoffs in seinem, aus den verschiedensten Organen und thierischen Fluidis gewonnenen, sog. thierischen Gummi (sein Achrooglykogen enthielt noch 0.4 % Schwefel und 8.7 % Stickstoff) und beim Knorpel, aus welchem er dasselbe gleichfalls erhalten haben will[2]), wird es zweifellos erst aus der Chondroïtsäure künstlich abgespalten sein. Vor allen Landwehr's unzutreffende Angaben für das Knorpelgewebe, welche

---

[1]) Landwehr, Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. 9. 1885. S. 366.

[2]) Landwehr, a. a. O., S. 367.

ich zu beurtheilen mich vielleicht für berechtigt halten kann, haben mich vorsichtig gemacht, seinen Behauptungen weiterhin so zu folgen, als es in rückhaltsloser Anerkennung seiner vermeintlichen Verdienste früher von mir leider geschehen ist; mehrere seiner übrigen Angaben (z. B. über das Achrooglykogen und über das Gallenmucin) haben den trefflichen Arbeiten Hammarsten's gegenüber ebenfalls nicht Stand zu halten vermocht.

Meine neuesten Ergebnisse über den Bau der Eiweisskörper [1]) veranlassen noch eine weitere Modification an den vorgebrachten Meinungen über die sog. Mucine, bei welchen ich meine bis dahin gehegte Ansicht über die albuminoiden Substanzen keineswegs ausschliesse, vorzunehmen.

Das Molecül eines Eiweissstoffes im gewöhnlichen Sinne ist ein Mixtum compositum von den chemisch allerverschiedenartigsten Atomcomplexen, und ich habe mich zu zeigen bemüht, dass mehrere der darin vorhandenen Atomgruppen fehlen, viele derselben in Form krystallisabeler Substanzen abgespalten werden können, ohne dass zugleich mit dem Ausfalle bestimmter, an die eliminirten Seitenketten unabänderlich geknüpfter Reactionen der rückständige Rest des ursprünglichen Eiweissmolecüls sich in seinen sonstigen Eigenschaften weit von den echten Eiweisskörpern zu entfernen braucht. So enthält ein gewöhnlicher Albuminstoff Tyrosin- [2]), Leucin-, Indol- etc. liefernde Gruppen, Complexe (wahrscheinlich von der Formel: $\begin{matrix} -CO \\ -CO \end{matrix}\!\!> NH$), welche die Biuretreaction [3]) be-

---

[1]) Krukenberg, Die reducirend wirkenden Atomgruppen in den Eiweissstoffen. Centralbl. f. d. medic. Wissenschaften. 1885. No. 35. S. 609 u. 610.

[2]) Die Tyrosin liefernde Gruppe ist durch das Eintreten der Millon'schen Reaction charakterisirt, welche auch das Tyrosin noch zeigt. Der hohe Schwefelgehalt der Keratine, bei deren Zersetzung ausnehmend viel Tyrosin gebildet wird, könnte die Vermuthung aufkommen lassen, dass die Tyrosinabspaltung und also auch die Millon'sche Reaction an einen schwefelhaltigen Atomcomplex im Eiweissmolecül gebunden ist; die intensive Röthung, welche das vollkommen schwefelfreie Fibroïn beim Kochen mit Millon's Reagenz annimmt, und aus welchem dementsprechend auch viel Tyrosin abzuspalten ist, spricht indess noch schlagender als die Erfahrungen an den Elastinen gegen eine derartige Annahme.

[3]) Biuret, mit Kupfersulfat und Natronlauge zum Sieden erhitzt, bietet nach den, unter meiner Leitung von Herrn cand. med. Hew-

dingen, ferner solche, auf denen die Adamkiewicz'sche Reaction [1]), der Xanthoproteïnsäurenachweis, die Kochprobe mit concentrirter Salzsäure beruhen; constante Bestandtheile aller echten

---

lett Brown (z. Zt. in Oxford) ausgeführten Untersuchungen dasselbe Spectralverhalten dar, als die an Eiweiss- oder Peptonlösungen ausgeführte Biuretprobe.

Völlig unhaltbar ist die Behauptung von F. Hofmeister (Zeitschrift f. physiolog. Chemie Bd. 2. 1878. S. 293) „dass die vielfach verbreitete Annahme, die Biuretreaction wäre für die peptonartigen Körper allein charakteristisch, ein Irrthum und dem Umstande zuzuschreiben sei, dass in der Regel die zur Untersuchung gelangenden Lösungen der Peptone wegen deren ungemeinen Löslichkeit viel concentrirter sind als die genuinen einem weitern Einengen nur schwer zugänglichen Eiweisslösungen.“ Echte Eiweisskörper geben die Biuretreaction ausnahmslos erst dann, wenn sie durch die Natronlauge in Albumosen, Peptone oder in sog. Leimpeptone verwandelt sind, und (abgesehen vom Biuret) ist die Reaction auf diese Körper in ihrer Verbreitung beschränkt.

[1]) Den gleichen Verbreitungsbezirk als die Adamkiewicz'sche Reaction besitzt die Kochprobe mit concentrirter Schwefelsäure, von welcher erstere eigentlich nur eine Modification darstellt (vgl. Adamkiewicz, Arch. f. exp. Pathologie. Bd. 3. 1875. S. 423). Bei längerem Kochen mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 4) färben sich ohne jeden weiteren Zusatz sämmtliche Eiweissstoffe im engern Sinne blutroth. Eine äusserlich ähnliche, aber spectroskopisch sehr abweichend gefärbte Lösung (vgl. Krukenberg, Grundriss der medic.-chemischen Analyse. Heidelberg. 1884. Taf. 4. Spectr. 11) liefert bekanntlich auch die Cholalsäure mit ihren Derivaten, doch tritt bei dieser die Färbung nur bei gleichzeitiger Anwesenheit gewisser anderer Substanzen (Glykose, Rohrzucker u. dgl. m.) auf, und die Rosafärbung, welche, beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure, Ölsäure der Flüssigkeit ertheilt, ist ebensowenig als das Braunroth, welches bei Ausführung der Pettenkofer'schen Gallensäureprobe an Ölsäurelösungen beobachtet wird, mit der entsprechenden Eiweissreaction irgendwie vergleichbar. Die Keratine, das Elastoïdin, das Collagen (aus Hausenblase) sowie die Skeletine ertheilen der verdünnten Schwefelsäure nur eine goldgelbe (Collagen) oder bräunlichgelbe Farbe, zu dem, für die echten Eiweissstoffe typischen Blutroth kommt es bei Anwendung dieser Substanzen niemals.

Dass die Behandlung mit siedender, verdünnter Schwefelsäure der Adamkiewicz'schen Reaction und nicht der Kochprobe mit concentrirter Salzsäure gleichwerthig ist, lehrt am Besten das Fibroïn, welches die verdünnte Schwefelsäure beim Kochen anfangs äusserst schwach röthet, bald darauf aber in ein beständiges Bräunlichgelb umfärbt; Fibroïn giebt aber die Salzsäurereaction in exquisitem Grade, Andeutungen des Eintretens der Adamkiewicz'schen Reaction dagegen nur bei Beginn des Kochens.

Eiweissstoffe sind aber auch Atomgruppen, welche auf alkalische Kupferoxydlösung beim Kochen reducirend einwirken, und dieser Umstand ist für mich entscheidend genug, in allen Eiweisskörpern Verbindungen zu sehen, welche Kohlehydratreste führen, oder, wie sich Hammarsten ausdrücken würde, alle bekannt gewordenen Eiweisskörper als Proteïde zu betrachten. Der beste Ausdruck für den beobachteten Thatbestand wird indess der sein, dass man kohlehydratliefernde Gruppen sich einfach am Aufbau des Eiweissmolecüls betheiligen lässt, die Eiweisssubstanzen auch wohl als substituirte Kohlehydrate bezeichnet und nicht als Proteïde, deren einen Paarling eine kohlehydratliefernde Kette ausmacht; denn es erscheint mir unberechtigt, eine, wennschon die constanteste, der vielen Atomgruppen im Eiweissmolecül auszuwählen und sie allen übrigen, ohne dass bestimmte Veranlassungen dazu vorliegen, entgegenzustellen.

Die Erfahrungen über die Hyalogene, die Verzuckerung des Eiweisses bei Diabetes, die sog. Colloïd- und Mucinmetamorphosen der Kröpfe, Gallertkrebse, Myxome und Ovarialkystome liessen mir die Existenz von Kohlehydratradicalen auch in den sog. einfachen und genuinen Eiweissstoffen als absolute Nothwendigkeit erscheinen, schon lange bevor die reducirend wirkenden Eigenschaften der Eiweisskörper von mir experimentell nachgewiesen waren.

Von der Anwesenheit jener reducirend wirkenden Glykosidgruppen kann man sich an jeder Eiweiss-, an jeder Albumose-, an jeder Peptonlösung durch die Trommer'sche Probe jetzt leicht überzeugen, indem man die Probe nach dem Kochen schwach ansäuert und dann mit Ferridcyankaliumlösung versetzt. Das Kaliumsalz der Ferridcyanwasserstoffsäure ruft, wovon ich mich durch zahlreiche Versuche überzeugte, ausnahmslos nur in Kupferoxydullösungen einen braunrothen Niederschlag hervor, und derselbe wird auch in keiner Probe ausbleiben, welche mit einer albuminoïden Substanz [1]) oder mit einem eigentlichen Skeletine nach der

---

Die Adamkiewicz'sche Reaction sowie die Rothfärbung beim Kochen mit Schwefelsäure scheint ausnahmslos an eine schwefelhaltige Gruppe geknüpft zu sein; keine schwefelfreie Verbindung ist bekannt geworden, welche die Reaction gleichfalls zeigt.

[1]) Mein Aufsatz „Über die chem. Beschaffenheit der sog. Hornfäden von Mustelus und über die Zusammensetzung der keratinösen Hüllen um den Eiern von Scyllium stellare“ (Mitth. aus der

angegebenen Behandlung ausgeführt wird. Ich prüfte eine grosse Anzahl, nach den gebräuchlichen Methoden selbst dargestellter, durch tagelang unterhaltene Dialyse von den diffusibelen Beimengungen befreiter Albumin- und albuminoïder Stoffe und vermochte auch in einer bedeutenderen Sammlung, die manches renommirte Eiweisspräparat enthielt, keines ausfindig zu machen, welchem das Reductionsvermögen nicht im ausgiebigsten Maasse eigen gewesen wäre [1]); die lösende Einwirkung anderer Atomcomplexe im Eiweissmolecül auf das gebildeteKupferoxydul macht es allein unmöglich, den Reductionsvorgang bei irgend einem Eiweisskörper wie an einer Traubenzuckerlösung direct zu beobachten [2]).

Zoolog. Station zu Neapel. Bd. 6. 1885. S. 286—296) datirt aus einer Zeit, wo mir das, sämmtlichen untersuchten Eiweisskörpern zukommende Reductionsvermögen für alkalische Kupferoxydlösung beim Kochen noch unbekannt war, und der in dieser Abhandlung sich findende Satz (S. 296), dass die Keratine niemals alkalische Kupferoxydlösung beim Kochen reduciren, ist daher nur auf eine direct erkennbare Reduction zu beziehen; nach v. Babo's Methode, aber allein nach dieser, ist auch bei Ausführung der Trommer'schen Probe an den Keratinen regelmässig die Anwesenheit von gebildetem Kupferoxydul zu constatiren.

[1]) In der Literatur finde ich nur das Reductionsvermögen eiweissartiger Stoffe für kalt angewendete ammoniakalische Silberoxydlösung und für Osmiumsäure eingehender discutirt; dieses wird dem lebenden Protoplasma zugesprochen und durch das Vorhandensein von Aldehydgruppen $\left(-C\begin{matrix}=O\\-H\end{matrix}\right)$ erklärt (Loew und Bokorny). Von Interesse war für mich folgende Bemerkung von Claude Bernard (Leçons sur les phénomènes de la vie etc. T. II. Paris. 1879. p. 77): „Nous sommes même convaincu à cet égard que les auteurs qui ont cru trouver du sucre dans les muscles ont été dupes d'une erreur dont il est difficile de se défendre, si l'on ignore que certaines matières albuminoides ou azotées contenues dans le muscle et encore mal déterminées peuvent agir sur le réactif cuprique à la façon de la glykose. Mais si l'on fait en sorte d'éviter cette cause d'erreur en traitant par le sulfate de soude, puis en reprenant par l'alcool absolu; si l'on ne prend point pour du sucre une substance qui ne présente qu' une seule réaction commune avec lui, et d'autre part si l'on veille à ne point en former aux dépens de la matière glycogène dont l'existence est indubitable, dans ces circonstances, disons-nous, on n'en trouve jamais les moindres traces".

[2]) Welcher Art die Atomgruppen sind, die das Kupferoxydul in Lösung halten, lässt sich zur Zeit noch nicht bestimmen. Werden die Eiweissstoffe resp. die Albumosen aus ihren Lösungen durch neutrales Ammoniumsulfat (vgl. Kühne, Albumosen und Peptone.

Die echten Albumosen und die echten Peptone, die aus den Skeletinen oder dem Collagen auf irgend eine Art hervorgegangenen sog. Leimpeptone wirken wie die reducirenden Zuckerarten erst beim Kochen reducirend auf das Kupferoxyd ein, und diese Reaction steht demnach mit dem Eintreten der Biuretprobe in gar keinem Zusammenhange; übrigens gelingt die Biuretfärbung nur bei Anwendung von Kupferoxyd-, nicht von Kupferoxydulsalzen. Der reducirende Einfluss der Albuminstoffe äussert sich aber nicht nur an alkalischer Kupferoxydlösung, sondern von concentrirteren Eiweiss- und besonders von concentrirteren Peptonlösungen wird nach dem Alkalisiren auch Cyanquecksilber reducirt und die Schwärzung, welche Magisterium Bismuthi darin erfährt, scheint ebenfalls ausschliesslich resp. theilweise auf Bildung einer Reductionsstufe desselben zu beruhen.

Die einzelnen Eiweisskörper differiren von einander dadurch, dass sie von den einzelnen Atomcomplexen, welche als charakteristisch für die Albuminstoffe im Allgemeinen angesehen werden, bald eine grössere, bald eine geringere Zahl enthalten, während das Fehlen solcher Gruppen, an welche das Eintreten gewisser, als entscheidend angesehener Reactionen gebunden ist, die betreffende Substanz in die Kategorie der Albuminoïde oder gar in

---

Sep.-Abdr. a. d. Verhandl. d. naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. 3 Heft 4. 1885) gefällt, so bleibt an den Filtraten die Reduction vollständig aus. Dasselbe erfolgt nach Zusatz von Ammoniumsulfat aber auch in Peptonlösungen, ja selbst in reinen Glykoselösungen tritt alsdann bei Anstellung der Trommer'schen Probe mit dem üblichen Natronzusatz in Folge der Bindung des Natrons keine Reduction des Kupfersalzes mehr ein, und nur, wenn der Ammoniumsalzzusatz ein geringer oder der Natronzusatz ein sehr reichlicher ist, kommt es zwar zur Reduction, aber das Kupferoxydul bleibt gelöst. Da nicht nur Ammoniumsulfat, sondern alle von mir geprüften Ammoniumsalze (Chlorammonium, Ammoniumsesquicarbonat, Ammoniumphosphat) den Reductionvorgang hindern und Kupferoxydul lösen (Verhältnisse, die bei Prüfung ammoniakhaltiger Flüssigkeiten, z. B. von Harn, auf Glykose sehr zu beachten sind), so lag gewiss nichts näher, als die Auflösung des Kupferoxyduls bei Prüfung von Eiweisslösungen nach dem Trommer'schen Verfahren auf Amidgruppen, speciell auf Harnstoffreste im Eiweissmolecül zurückzuführen (vgl. hierzu: E. Brücke, Vorlesungen über Physiologie. Bd. I. Wien. 1874. S. 366); der Harnstoff als solcher besitzt die Fähigkeit, Kupferoxydul zu lösen, indess nicht, und es wird erst noch auf andere Radicale, welche in jeder eiweissartigen Substanz ständig vorhanden sein müssten, weiter zu fahnden sein.

die der Skeletine verweist[1]). Ich bin überzeugt, dass es unter den sog. Eiweissstoffen auch solche giebt, in welchen die reactionsfähigen Gruppen (d. h. die Atomcomplexe, welche die einzelnen Eiweissreactionen bedingen) den daneben vorhandenen Glykosidreihen gegenüber so sehr zurücktreten[2]), dass das Ganze sich bei

---

[1]) Ausgenommen die Biuretreaction, welche an Gruppen gebunden ist, die in direct reactionsfähigem Zustande nur am Biuret, an den Albumosen, Peptonen und an den sog. Leimpeptonen zur Beobachtung kommen, ist keine der oben angeführten Proben an einem Spaltungsproducte zu erzielen, falls nicht die zugehörige Muttersubstanz die betreffende Reaction gleichfalls giebt. An den Skeletinen lässt sich dieses Gesetz am Besten exemplificiren, aber auch für die Albuminoïde erweist es sich als durchaus zutreffend. Für die aus Collagen dargestellten Leimpeptone liegen zwar widersprechende Angaben von Hofmeister vor, die ich aber nicht bewahrheitet finde.

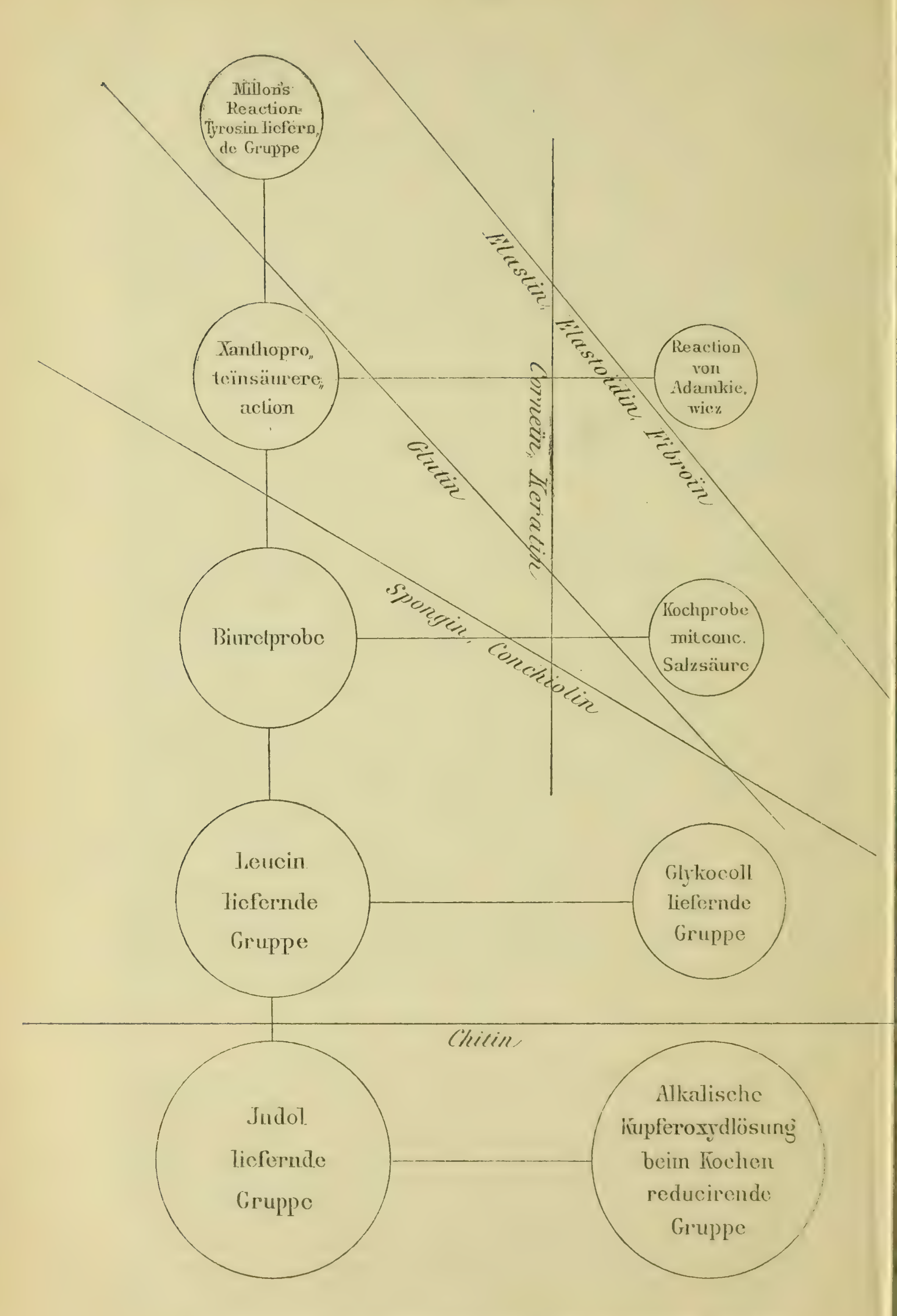
[2]) Entgegen den, in den Hauptsachen jetzt als irrthümlich erkannten Behauptungen Landwehr's, durch welche früher ein befriedigender Abschluss der Mucinfrage erreicht schien, bemerkt Hammarsten (a. a. O., S. 455) gewiss mit Recht, „dass wir uns erst am Anfange der Lösung dieser Frage, welche erst durch sehr umfassende, vergleichend anatomische und physiologisch-chemische Untersuchungen ihre endgültige Lösung finden wird", befinden. Ob nun aber unsere, im Obigen entwickelten allgemeinen Anschauungen über die Hyalogene und Hyaline, und dementsprechend auch über die sog. Mucine, für deren Kenntniss die Arbeiten Hammarsten's so fruchtbare gewesen sind, durch fortgesetzte Detailuntersuchungen noch wesentlich zu verändern und zu vertiefen sein werden, möchte ich in Zweifel ziehen. Gerade bei Stoffen von so wechselnder Zusammensetzung wie es die sog. Mucine sein müssen, führt, — das zeigen die Arbeiten Landwehr's schon zur Genüge — eine Detailforschung, ohne leitende Gesichtspunkte unternommen, nur gar zu leicht auf Irrwege, und hier ist es mehr als irgendwo sonst in der chemischen Physiologie geboten, durch das Studium der einfacheren Verhältnisse erst den Blick für das Complicirtere zu erwerben. Desshalb würden sich das sog. Hyalin der Echinococcusblasen, die Substanz der Wohnröhren von Chaetopoden und die Hyalogene in der Holothurienhaut vorläufig weit besser zur Untersuchung eignen als die Stoffe von weit weniger ausgesprochenem hyalogenen Charakter, welche sich in Secreten und pathologischen Producten bei Säugethieren vorfinden. In letzteren Vorkommnissen maskiren oft nur mechanisch beigemischte Eiweisskörper die wahren Eigenschaften der Hyalogene wie der aus diesen entstandenen Hyaline und sind auch wohl nicht immer nach eingeleiteter proteolytischer Verdauung als Peptone und Albumosen von den intact gelassenen Hyalogenen resp. Hyalinen erfolgreich zu trennen. Jedenfalls sollte aber der Versuch, eine derartige enzy-

flüchtiger Untersuchung als das Gemisch eines Kohlehydrates mit mehr oder weniger Eiweiss präsentirt [1]), und ich kann mir auch sehr wohl nach meinen Erfahrungen an den hierhin zählenden Substanzen vorstellen, dass solche Körper nach gewissen, nur lockernd auf die einzelnen Atomgruppen im Molecül einwirkenden Operationen (z. B. nach Maceration mit 10—20 %iger Natronlauge) keinen, in irgend welcher Art an einen sog. Eiweisskörper erinnernden Rückstand hinterlassen. Dieses ist überhaupt keine Vermuthung, sondern dass Derartiges wirklich beobachtet wird, habe ich am Spirographin gezeigt. Alle diejenigen Substanzen nun, welche sich wie das Spirographin verhalten, bezeichne ich als Hyalogene, und ich war mir bei Einführung dieses Namens vollauf bewusst, dass darunter nicht, wie Hammarsten (a. a. O., S. 449) will, „die verschiedenartigsten Substanzen in eine Gruppe zusammengeführt werden", sondern dass dieser Begriff ein so präciser ist, wie wir deren in der chemischen Physiologie nur wenige besitzen. Die Mehrzahl der eiweissartigen Substanzen weicht von den Hyalogenen jedoch dadurch ab, dass die Glykosidgruppen den übrigen (den Tyrosin-, Leucin-, Indol- etc. liefernden) Atomcomplexen gegenüber im Molecül sehr zurücktreten, und dass es deshalb auch in diesen Fällen weit schwieriger als bei den Hyalogenen (Spirographin, sog. Hyalin der Echinococcusblasen, Chondrosin etc.) gelingt, eine Zersetzung einzuleiten, bei welcher weder ein eiweissartiger Rest zurückbleibt, noch Körper von Eiweissnatur secundär gebildet werden. Zweifellos werden alle Übergänge zwischen den Hyalogenen und solchen Körpern, die nicht mehr nach Art der Zuckerstoffe reducirend wirken, sich in den Reactionen aber völlig den Eiweissstoffen anschliessen, aufzufinden sein, doch sei nochmals hervorgehoben, dass meine Bemühungen, einen derartigen idealen Eiweisskörper aufzufinden, welchem die Reductionsfähigkeit für siedende alkalische Kupferoxydlösung fehlt, völlig fruchtlose geblieben sind.

---

matische Trennung herbeizuführen, niemals unterlassen werden, und ich bedaure lebhaft, dass von Hammarsten weder das Mantelmucin, noch das Glykoproteïd nach andauernder Pepsineinwirkung auf ihre Eigenschaften geprüft sind; denn wahrscheinlich wären dann Producte beobachtet worden, welche sich ähnlich dem Onuphin, der Chondroïtsäure und dem Spirographidin zwar als stickstoffhaltig, aber als reactionslos bei Anstellung der Eiweissproben erwiesen hätten.

[1]) Auch in pflanzlichen Zellmembranen deutet die Anwesenheit stickstoffhaltiger Substanzen, welche nach ihrer Reinigung die typischen



Die Constitution der Eiweissstoffe und ihrer entfernteren Derivate.

Die im Vorhergehenden erörterten Constitutionsverhältnisse der Eiweisskörper und ihrer Abkömmlinge[1]) habe ich speciell für Unterrichtszwecke in einem Schema[2]) zum Ausdrucke gebracht, welches auf S. 10 im verkleinerten Maassstabe reproducirt ist. In demselben sind die durch das Studium der Eiweissderivate als die constantesten erkannten Atomcomplexe resp. die denselben angehörenden Reactionen durch eine grössere Kreisfläche dargestellt als die weniger beständigen; je constanter eine Atomgruppe sich erwies, desto tiefer kam sie in dem Schema zu stehen, und dieselben linker Hand sind beständigere als die rechts gelegenen, welche Letzteren sich als den Ersteren zugehörige Seitenketten präsentiren. Auf der ca. viermal grösseren Originalzeichnung sind die Kreisflächen durch eine, für jede derselben besonders in Anwendung gebrachte Farbe leicht unterscheidbar gemacht.

In welcher Weise nun die einzelnen Albuminoïde und Skeletine von den veritabelen Eiweisssubstanzen abweichen, welcher Re-

Eiweissreactionen nicht mehr zeigen, beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure aber Zucker liefern und desshalb auch meist fälschlich für reine Cellulose gehalten wurden, auf Verhältnisse hin, welche denen der Hyalogene insofern analog sind, als es sich auch hier um intermediäre Glieder von Eiweissstoffen und Kohlehydraten handelt.

[1]) Die nächsten Derivate der Eiweissstoffe (Albuminate, Albumosen, Peptone) habe ich vorläufig unberücksichtigt gelassen. Bis vor Kurzem schien es, als ob in den angeführten Reactionen selbst zwischen den Peptonen und den genuinen Eiweissstoffen keine gravirendere Unterschiede beständen; neuere Untersuchungen, deren Publication erst noch abzuwarten ist, haben indess, wie mir Herr Geheimerath Kühne gütigst mittheilte, zu anderen Resultaten geführt.

[2]) Derartige Schemata, welche die chemisch verwandten Substanzen zu Gruppen vereinigen, Alles zur Anschauung bringen, was im Laufe der Geschichte Wichtiges über dieselben erschlossen ist und jedes Nebensächliche, sowie den Ballast des Unfruchtbaren und Unzuverlässigen ausschliessen, sind von mir auch für mehrere andere thierische Stoffwechselproducte, so z. B. für die Xanthinkörper, die Hämoglobinderivate, die Choline, die Indigofarbstoffe entworfen und von Herrn Giltsch hieselbst zum Theil in künstlerischer Vollendung zur Ausführung gebracht. Es regen dieselben dadurch, dass sie jede Lücke unseres Wissens mit voller Klarheit hervortreten lassen, den Eingeweihten zu weiterer Forschung in einer klar durchschauten Richtung an und geben dem Anfänger nicht nur ein verständliches Bild von dem Zusammenhange, welcher unter den chemisch-physiologisch wichtigsten Substanzen besteht, sondern machen ihn zugleich mit dem gegenwärtigen Stande unserer Wissenschaft vollauf bekannt und führen ihn, was selbst der verständlichste und durchgearbeitetste Vortrag so sicher und rasch nie vermag, in den Geist der Forschung ein.

actionen die Eiweissstoffe bei ihrem Übergange in die einzelnen Derivate verlustig gehen, versinnlichen die das Schema durchsetzenden schrägen Linien, durch welche eine oder mehrere Atomgruppen resp. die denselben entsprechenden Reactionen von dem Kerne des Eiweissmolecüls gleichsam abgeschnitten werden. So kommt z. B. beim Elastin, Elastoïdin und Fibroïn allein die Adamkiewicz'sche Reaction, beim Corneïn und Keratin daneben noch die Kochprobe mit concentrirter Salzsäure zum Ausfall, und beim Chitin reducirt sich das gesammte Molecül auf die Indol liefernde und auf die alkalische Kupferoxydlösung beim Kochen reducirende Gruppe. Bei der Demonstration des vergrösserten Schemas verfährt man zweckmässig so, dass man mittelst eines gleich grossen Blattes von weissem Papier, den schräg verlaufenden Linien entsprechend, die ausfallenden Kreise verdeckt.

Zu dieser schematischen Darstellung ist noch Mehreres zu bemerken. Erstens enthält ein Eiweissmolecül nicht nothwendig nur Eine von jeder der verzeichneten Atomgruppen, sondern von den meisten derselben voraussichtlich mehrere, und zweitens könnten auch sehr wohl mehrere Reactionen oder mehrere Spaltungsproducte, welche uns zur Annahme verschiedener, z. B. der Glykocoll und Leucin liefernden Gruppen veranlassten, von der Anwesenheit ein und desselben Atomcomplexes bedingt sein. Die Möglichkeiten letzterer Art sind durch die bereits aufgedeckten Thatsachen auf ein Minimum herabgedrückt, aber in einer verschiedenen Anzahl der einzelnen Gruppen wird unter anderen ein Grund für die Verschiedenartigkeit der einzelnen Eiweisssubstanzen zu suchen sein, für eine Verschiedenartigkeit, die sich auch in den quantitativen Abweichungen gewisser Zersetzungsprodukte (Leucin, Tyrosin, Glykocoll u. dgl. m.) und dementsprechend auch in einem ungewöhnlich schwachen Ausfalle einiger sog. Eiweissreactionen (z. B. der Xanthoproteïnsäurereaction beim Corneïn oder der Millon'schen Reaction an Glutinlösungen) widerspiegelt. Quantitative Differenzen unter den Spaltungsprodukten müssen aber nothwendig auch dann beobachtet werden, wenn durch den Ausfall von Atomgruppen der Procentgehalt des Ganzen an den übrigbleibenden Atomcomplexen wächst, und da nun nach dem an Beispielen erläuterten Gesetze die Reactionen der Spaltungsproducte durch die Reactionen der Muttersubstanz bestimmt sind, so werden die Abweichungen sämmtlicher Albuminoïde von den echten Eiweissstoffen, als deren Derivate dieselben doch zu betrachten sind, nur auf diese indirecte Weise zu erklären sein. So leuchtet allein schon die Unhaltbar-

keit der Drechsel'schen Hypothese [1]) ein, dergemäss bei der Entstehung der Keratine aus Eiweiss, im „Eiweiss ein Theil des Sauerstoffs durch Schwefel und ein Theil des Leucins (oder einer anderen Amidosäure) durch Tyrosin substituirt" werden soll. Durch eine einfache Wasserabgabe oder durch den Austritt complicirter zusammengesetzter organischer Atomgruppen aus dem ursprünglichen Eiweissmolecül lassen sich alle über die Albuminoïde erschlossenen Thatsachen vollkommen verständlich machen, und dieselben liefern uns auch den Schlüssel für das Verständniss der Genese und der von den der Eiweissstoffe abweichenden Eigenschaften der Skeletine, der Hyalogene, ja selbst der reinen Kohlehydrate.

Die bisherigen Ermittelungen über die Verbreitung und das Entstehen der Skeletine machen es sehr unwahrscheinlich, dass bei dem Zerfalle, welchem das Eiweissmolecül beim Übergange in ein Skeletin unterworfen sein muss, alle einzelnen Stufen durchmessen werden, welche nach unserem Schema möglich sind. Damit es z. B. zur Entstehung von Spongin kommt, braucht zweifellos nicht zuerst ein elastinartiger, darauf ein keratinöser und schliesslich erst noch ein collagener Körper zu entstehen, sondern es können durch einen vitalen Process auch mehrere verschiedenartige Atomgruppen gleichzeitig abgesplissen werden, und der sich erhaltende Rest stellt dann eines jener, nur bei einer beschränkten Anzahl von Thierklassen zu findenden Skeletine dar: Conchiolin bei Lamellibranchiaten und Gastropoden, Chitin bei Arthropoden, Cephalopoden und Brachiopoden, Corneïn bei Gorgoniden und Anthipatiden, Spongin bei Spongien. Wie diese chemischen Constitutionsverhältnisse mit der elementaren Zusammensetzung der Skeletine, welche sich durch die allgemeine Formel: $C_{30}\ H_{40\,+\,2n}\ O_{10\,+\,n}\ N_{4,9\ \text{oder}\ 10}$ ausdrücken lässt, und welche, wie ich [2]) gezeigt habe, auf eine Kohlehydratnatur derselben hinweist, in Einklang zu bringen sind, werden erst fortgesetzte Untersuchungen zu lehren haben. Interessant bleibt indess die Thatsache, dass sich bei den künstlich ausgeführten Spaltungen der Eiweisskörper

[1]) E. Drechsel, Chemie der Absonderungen und Gewebe. Hermann's Handbuch der Physiologie. Bd. 5. Theil 1. Leipzig. 1883. S. 601.

[2]) Krukenberg, Grundzüge einer vergl. Physiologie der thierischen Gerüstsubstanzen. Heidelberg. 1885. S. 194 ff. und S. 215.

und ihrer weit abliegenden Derivate (Skeletine) die ursprüngliche Verknüpfung der Atomgruppen noch in den Endproducten documentirt. So dürfte z. B. beim Chitin der Stickstoff der Indol bildenden Gruppe im Glykosamin wiedererscheinen, und ihre Anwesenheit im Chitin lediglich die Darstellung eines reinen Kohlehydrates aus demselben so sehr erschweren; ferner scheinen auch die mit der Biuretgruppe verbundenen Atomcomplexe allein die künstliche Harnstoffabspaltung aus Eiweissstoffen zu verhindern [1]).

Die Verbreitung der albuminoïden Substanzen bei den Wirbelthieren veranlasst die gerade entgegengesetzte Schlussfolgerung als die Genese der Skeletine zu ziehen; hier finden sich sämmtliche Übergänge, auch wenn wir von den Gerüstsubstanzen absehen, deren Beziehungen zu einfacher zusammengesetzten Körpern jüngst erkannt sind, wie z. B. von dem sog. Chondrogen und den sog. Mucinen. Die früher ganz allgemein angenommene Kluft zwischen den Collagenen [2]), den Elastinen und den Keratinen

---

[1]) Unserem Schema zur Folge würde, wenn, wie anzunehmen ist, die Biuretreaction die bei dem vitalen Stoffumsatze zur Harnstoffbildung führende Gruppe indicirt, aus keinem der bekannt gewordenen Eiweissderivate Harnstoff in einer so einfachen Weise abgespalten werden können, als aus dem Spongin und dem Conchiolin, bei denen die in jedem Eiweisskörper vorhandenen, leichter angreifbaren Atomcomplexe vollständig fehlen.

[2]) Den Autoren, welche dem Collagen die Xanthoproteïnsäurereaction vollkommen absprechen, kann ich nicht beipflichten. Reine Glutinlösungen geben niemals Andeutungen der Millon'schen Reaction, aber noch immer scharf, wenn auch schwach die Xanthoproteïnsäurereaction; dieser Umstand ist wichtig, weil er lehrt, dass das Eintreten der Xanthoproteïnsäurereaction von dem der Millon'schen Reaction unabhängig erfolgt.

Nachträglich begegne ich einer Notiz von O. Nasse (Zur Anatomie und Physiologie der quergestreiften Muskelsubstanz. Leipzig. 1882. S. 12), welche für die Deutung der Xanthoproteïnsäurereaction (welche z. B. durch Bildung von Pikrinsäure oder Stychninsäure auch mit zahlreichen, dem Eiweiss fernstehenden, namentlich aromatischen Körpern zu Stande kommt [F. Hofmeister, a. a. O., S. 292 und 310]) wichtig ist, und die ich daher noch zu erwähnen habe. „Mir selbst war", sagt Nasse, „als mir die Thatsache aufstiess, dass schon die geringste Spur von Alkali die gelbe Farbe der Orthonitrophenollösung in Orange umändert, nur sehr unbedeutend dagegen die der Paranitrophenollösung, weniger die practische Verwerthung eingefallen als die Ähnlichkeit mit der Farbenveränderung, welche die bei der Behandlung der Eiweisskörper mit Salpetersäure entstehenden Nitroproducte, Xanthoproteïnsäure

füllt jetzt das Elastoïdin [1]) aus, welches sich in seinen Löslichkeitsverhältnissen den Elastinen, in seinen Zersetzungsproducten (Tyrosin) den Keratinen, in seiner elementaren Zusammensetzung und seinem Verhalten gegenüber den proteolytischen Enzymen den Collagenen eng anschliesst. Die Collagene, Elastine und Keratine scheinen sich erst durch verhältnissmässig spät erfolgende, durch secundäre Einflüsse bedingte Veränderungen aus einem gleichen, einheitlichem Materiale zu differenziren. Eine wie nahe Verwandtschaft fernerhin auch unter den sog. Mucinen und den Keratinen bestehen kann, lehren die Arbeiten über das sog. Schalenkeratin des Hühnereies, welches sich mit demselben Rechte als ein erhärteter mucinöser Stoff oder als ein Keratin auffassen lässt.

Unsere nächste Aufgabe wird die sein, das Schema noch weiterhin dadurch zu vervollständigen, dass wir dem Zustandekommen der übrigen, bislang unberücksichtigt gebliebenen Eiweissreactionen auf den Grund gehen und zeigen, an welche Atomcomplexe die-

---

genannt, zeigen. Nachdem ich (Sitzungsb. d. naturf. Gesellsch. zu Halle. 1879) nachgewiesen habe, dass im Eiweissmolekül von aromatischen Gruppen sich jedenfalls eine einfach hydroxylirte (vielleicht neben hydroxylfreien Gruppen) findet, ist es wohl nicht allzu gewagt, die so leicht durch die Einwirkung von verdünnter Salpetersäure eintretende Xanthoproteïnsäurereaction zu erklären durch die Bildung von Orthonitrophenol. Daneben mag wohl auch bei stärkerer Nitrirung Di- und Trinitrophenol entstehen können, die Bildung von Orthonitrophenol genügt aber, um die Farbenveränderung auf das Deutlichste zu zeigen".

Während demnach die Xanthoproteïnsäurereaction den Kern der aromatischen Verbindungen zur Anschauung bringt, haftet die Leucin- und Glykocollabspaltung an Radicalen, welche den Fettkörpern zugehören. Diese beiden homologen Amidosäuren — von denen das Leucin (d. i. Amidocapronsäure) erfahrungsgemäss ein constanteres Zersetzungsproduct von Eiweissderivaten ist als das Glykocoll (d. i. höchst wahrscheinlich Amidoessigsäure) — müssen, wenn nicht gar in ein und demselben, so doch in chemisch nahe stehenden Atomcomplexen ihre Entstehung haben, und zwar können diese im Eiweissmolecül auch nur sehr benachbart orientirt sein. Letzteres ergiebt sich daraus, dass Leucin allemal neben Glykocoll als Zersetzungsproduct auftritt, und dass diese Abspaltungen auch noch nach Fortfall der die Leucin und Glykocoll liefernden Gruppen in unserem Schema nach aussen hin deckenden Atomcomplexe — welche die Adamkiewicz'sche, die Salzsäure, die Millon'sche und die Xanthoproteïnsäurereaction bedingen — erfolgen.

[1]) Vgl. Krukenberg, Über die chem. Beschaffenheit der sog. Hornfäden etc.; a. a. O., S. 286—293.

selben gebunden sind. Eine weitere wichtigere Aufgabe wird aber darin bestehen, die durch das Schema ausgedrückten Spaltungen am Eiweissmolecül in derselben Weise zur Ausführung zu bringen, wie das der lebende Organismus zur Zeit noch allein vermag; dieser ist im Stande, nicht nur die einzelnen Atomcomplexe aus dem Eiweissmolecüle bis zum Collagen hin ganz successive abzuspalten, sondern zweifellos auch dazu, aus dem bis auf's Spongin reducirten ursprünglichen Eiweissmolecüle allein noch die fragliche Harnstoffgruppe zu eliminiren, wennschon uns der dabei resultirende Rest noch völlig unbekannt ist. Indem der lebende Organismus den Atomcomplex im Eiweissmolecüle, an welchen das Eintreten der Biuretreaction geknüpft ist, seinen Kräften unmittelbar zugängig zu machen weiss, zersetzt er vermuthlich das Eiweiss unter reichlicher Bildung von Harnstoff, und wenn im Diabetes die normalen Zersetzungsprocesse in ihm versiegen, stellen sich andere ein, die von dem ganzen Eiweissmolecüle nur noch die Kupferoxyd reducirende Gruppe als erkennbar für uns in dem Harnzucker übrig lassen.

Jena, d. 7. September 1885.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena.

Sitzungsberichte 1885.

III. Heft.

12. Sitzung am 30. October 1885.

1) Zuerst sprach Herr Karl Bardeleben

Ueber neue Bestandteile der Hand- und Fusswurzel der Säugethiere, sowie die normale Anlage von Rudimenten „überzähliger“ Finger und Zehen beim Menschen.

Meine Herren! Am 15. Mai d. J. hatte ich die Ehre, Ihnen von den Fortschritten meiner vergleichend-anatomischen Untersuchungen über das Hand- und Fussskelet der Säugethiere zu berichten. Die damalige Mitteilung brachte ausser anderem den Nachweis des Rudiments einer neuen Zehe, des Praehallux, — und eines neuen Fingers, des Praepollex, bei fast allen Classen der Säugethiere, ferner die Auffindung eines zweiten Centrale carpi bei Insectivoren. Heute will ich über weitere vergleichend-anatomische Forschungen, welche ich auf einer Studienreise*) in Deutschland, Holland und Belgien angestellt habe, sowie über embryologische Untersuchungen berichten, welche sich bisher allerdings nur auf den Menschen beziehen.

Vorher ist es mir jedoch eine angenehme Pflicht, den Herren p. t. Fürbringer, Westerman, Kerber, Swierstra in Amsterdam, Schwalbe, Doederlein in Strassburg, Stöhr, Decker in Würzburg, Waldeyer in Berlin, ganz besonders den Herren Jentink in Leiden, His in Leipzig und von Martens in Berlin meinen wärmsten Dank für ihre gütige Unterstützung meiner Arbeiten zu sagen.

*) Die Bewilligung eines Reise-Stipendiums aus dem Gräflich Bose'schen Legat seitens der hohen Grossherz. Herzogl. Sächsischen Regierungen ermöglichte die Verwirklichung meiner schon im Februar d. J. geäusserten Absicht, neues Untersuchungsmaterial kennen zu lernen.

Auch heute kann ich meine Untersuchungen über Hand und Fuss noch nicht für abgeschlossen erklären, auch heute kann ich wieder nur ein Bruchstück bringen, da sich einmal unerwartete neue Fragen erhoben haben, zweitens aber das mir bisher zugängige Material — zumal das embryonale — zu einer befriedigenden Beantwortung der bisher aufgetauchten Fragen bei Weitem nicht ausreicht. Es soll, sobald ich in den Besitz des mir gütigst in Aussicht gestellten neuen embryonalen Materials gelangt bin, unverzüglich an die Ausfüllung dieser mir selbst nur allzu fühlbaren Lücke geschritten werden.

Für die vergleichend-anatomischen Untersuchungen wandte ich meine ganz besondere Aufmerksamkeit den Insectivoren, zumal denen von Madagaskar, sowie anderen Thieren dieser Insel und ihrer Nachbarschaft zu, sowohl wegen der sehr auffallenden primitiven Verhältnisse von Carpus und Tarsus bei diesen Thieren, als wegen des Widerspruchs, den Baur (Zoolog. Anz. 1885, Nr. 202) gegen meine Angaben betreffend „Centetes madagascariensis" erhoben hat. Nach den eingehenden und zeitraubenden, vielfach weit über das eigentlich anatomische Interesse hinausgehenden Vergleichungen, die ich im Leidener Reichsmuseum und im Berliner zoologischen Museum, sowie nochmals im dortigen anatomischen Museum, unter gütiger Unterstützung der Herren Direktoren Dr. Jentink in Leiden und Prof. von Martens in Berlin, angestellt habe, muss ich Baur gegenüber daran festhalten, dass es nicht nur *eine* Art von Centetes giebt, sondern mehrere, dass auch nicht, wie Baur, auf Dobson gestützt, behauptet, Centetes ecaudatus mit Setiger oder Hemicentetes etc. identisch ist, sondern dass es, wie Jentink schon *vor* Dobson in den Notes from the Royal Zoolog. Mus. of the Netherlands at Leyden, ed. by Schlegel, Vol. I, 1879 (Note 36, S. 137—151) nachgewiesen hat, folgende hierher gehörige Thiere auf Madagaskar gibt: 1) Setiger setosus, 2) Centetes ecaudatus, 3) Hemicentetes madagascariensis, 4) Hemicentetes variegatus, 5) Hemicentetes Buffoni.

Es galt dann für mich, festzustellen, welcher Species das Skelet Nr. 6818 des Berliner anatomischen Museums angehört. Das Ergebnis meiner Vergleichungen ist nun, dass dieses nach verschiedenen Richtungen hin merkwürdige Skelet weder ein Centetes ecaudatus noch ein Hemicentetes madagascariensis ist, sondern eine bisher unbekannte, vielfach (z. B. von Blainville) mit C. ecaudatus verwechselte Species von Centetes darstellt. Der auf-

fallendste Unterschied gegenüber dem C. ecaudatus liegt in der relativen Breite und Kürze des Kopfes, zumal der vorderen Partien, die auf eine relative Kürze der Zwischenkiefer zurückzuführen ist. Das fast erwachsene Thier hat einen Kopf von 85 mm Länge, während dieser bei jungen Exemplaren von C. ecaudatus schon über 100 mm lang ist. Die Länge des Unterkiefers beträgt dort 73,5 mm, bei C. ecaudatus Berlin 80,0, bei C. ecaudatus in Dobson's Abbildung 90,5; dagegen die Breite des Unterkiefers dort 35 mm, hier nur 31 mm. Ich nenne diese neue Art: Centetes breviceps. Ob es überhaupt erwachsene Exemplare (Skelete) von C. ecaudatus in den Museen Europas gibt, ist mir nach meinen Erfahrungen und den Abbildungen von Dobson sehr zweifelhaft geworden. Die Londoner Sammlung kenne ich allerdings noch nicht, hoffe sie jedoch im Frühjahr 1886 zu besuchen.

Betreffs meiner Angabe über das zweite Centrale carpi bei dem als „C. madagascariensis" bezeichneten Berliner Skelete, dem C. breviceps, muss ich insofern einen Irrtum constatiren, als die Trennungsfurche zwischen Lunatum und Centrale $_2$ hier ebensowenig, wie bei C. ecaudatus, ganz durch den Knochen hindurchgeht. Diese Thatsache hat die erst jetzt ermöglichte ganz genaue Untersuchung des Carpus ergeben, während die frühere Inspection mich zu der Annahme verleitet hatte, die Furche sei eine Spalte. Uebergänge zwischen Naht, Furche und Gelenkspalte sind aber an allen solchen Knochen, z. B. bei Raubthieren zwischen Naviculare und Lunatum, sehr oft zu finden und muss ich im Uebrigen meine Angabe aufrecht erhalten, dass bei Insectivoren, speciell Centetes (ecaudatus, breviceps) ein zweites Centrale, deutlich vom Lunatum abgegrenzt, erkennbar ist. Bei „Hemicentetes madagascariensis", von dem ich in Leiden ein jüngeres und ein älteres Thier (vollständig in Spiritus aufbewahrt) untersuchen durfte, waren diese Verhältnisse viel weniger deutlich.

Dass meine Auffassung des dreieckigen, zwischen Capitatum, Lunatum und Centrale gelegenen Knochenstücks als eines Centrale $_2$ *) die richtige ist und dass, wie ich nicht zweifle, bei jüngeren

*) Ich zähle, da bei Säugethieren das dem „zweiten" Centrale der Amphibien homologe zuerst gefunden wurde, da ferner die Elemente bei Säugethieren anders liegen, und da schliesslich noch ein drittes Centrale aufzutauchen scheint, die Centralia von dem radialen bez. tibialen Rande beginnend.

Thieren oder bei Embryonen unter 85 mm (vgl. Baur) sich eine vollständig getrennte Anlage herausstellen wird, dafür spricht m. E. der Umstand, dass es mir vergönnt gewesen ist, das Homologon zu diesem **Triangulare carpi**, wie ich es mit einem neutralen Namen benenne, d. h. also das zweite Centrale, am Fusse eines gleichfalls auf der interessanten Insel Madagaskar heimischen Thieres, Cryptoprocta ferox, zu finden.

Das im Leidener Reichsmuseum befindliche Skelet dieses Thieres, von einem jungen männlichen Exemplare stammend (Pollen und v. Dam; Wirbelsäule ohne Schwanz 59 cm, Kopf 13 cm, Fuss 129, Hand 70 mm lang) besitzt an beiden Füssen ein keilförmiges dreieckiges, bisher, soweit ich habe in Erfahrung bringen können, nirgends beschriebenes Knöchelchen zwischen Naviculare, $Tarsale_2$, $Tarsale_3$ und Cuboideum. Die Form dieses **Triangulare tarsi**, wie ich es nenne, ist die eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen Hypotenuse dem $Tarsale_3$, dessen längere Kathete dem Naviculare, die sehr viel kürzere Kathete dem Cuboideum anliegt. Die sehr scharfe Spitze des Knochens sieht nach innen (tibialwärts). Die grösste Länge (transversal) ist 6,5 mm, die sagittale Kathete misst kaum 3 mm.

Sehr interessant bei dieser ganzen Angelegenheit scheint mir nun zu sein, dass nur dies eine Skelet von „Cryptoprocta ferox" das beschriebene Verhalten zeigt. An einem sehr viel älteren Thiere derselben (?) Species (ausgestopft, Berliner zoolog. Museum; Hand- und Fuss-Skelet vorhanden, ca. 87,5 cm Wirbelsäulen-(Rumpf-) länge, ca. 12,5 Kopflänge, 13 cm Fusslänge) waren $Tarsale_3$ und Triangulare ($Centrale_2$) verschmolzen, die frühere Trennung durch eine Leiste angedeutet. Bei einem jüngeren Thiere dagegen (ausgestopft, Berliner zoolog. Museum, Wirbelsäule 27 cm, Kopf 8 cm, Fuss 7 cm lang) waren die betreffenden Teile noch knorpelig, die beiden in Frage stehenden Elemente aber nicht getrennt. Ob jedoch das Leidener Skelet und die Berliner ausgestopften Thiere derselben Species angehören, ist mir zweifelhaft, denn die Länge des Kopfes und des Fusses waren fast ganz gleich, während die Rumpfwirbelsäule hier ca. 87,5, dort 59 cm lang war. Gehören aber alle untersuchten Hände und Füsse der Species Cryptoprocta ferox an, dann haben wir einen neuen Beweis dafür, dass sich die Hand- und Fusswurzelknochen nach dem Alter der Individuen verschieden verhalten, sowie für die oben ausgesprochene Vermuthung, um nicht zu sagen Ueberzeugung,

dass jüngere Exemplare von Centetes auch den homologen Knochen im Carpus getrennt besitzen werden.

Das allerinteressanteste und für jeden noch so genauen Kenner der menschlichen Anatomie überraschendste Ergebnis dieses Fundes bei Cryptoprocta aber ist die leicht festzustellende Thatsache, dass sich beim erwachsenen Menschen sehr häufig die Trennungslinie zwischen 3. Keilbeine und dem Triangulare tarsi erhält! Ich erkannte dies sofort, nachdem mir bei meiner Rückkehr von Leiden wieder ein menschliches Skelet zu Gesicht kam, noch ehe ich in Berlin die bei den älteren Thieren (resp. der anderen Species) eintretende Verschmelzung kennen gelernt hatte. Die Grenzlinie zwischen den beiden Tarsus-Elementen verläuft in Gestalt einer rauhen Linie (Crista transversa) quer über die dorsale Fläche des 3. Keilbeins, von dem lateralen Ende des Gelenks zwischen Naviculare und 2. Keilbein beginnend, fast in der Flucht dieser Gelenklinie weiter etwa auf die Mitte der tibialen Seite das Cuboideum zu, wo sie auf dessen dorsaler Fläche eine Art Fortsetzung in Gestalt einer ziemlich queren Naht erfährt, die das Cuboideum in einen vorderen und hinteren Teil trennt (s. u.). Beim zweimonatlichen menschlichen Embryo finde ich das Triangulare tarsi getrennt, und zwar als abgerundet dreieckigen oder kappenförmigen Knorpel proximal dem Reste des Knorpels (Cuneiforme $_3$) anliegend.

Vergleichen wir nun den Tarsus des Menschen mit seinem Carpus, sowie den Carpus von Centetes mit dem des Menschen, so erhellt, dass der „Kopf“ des Capitatum derjenigen Stelle entspricht, wo das Triangulare carpi der Centetes-Arten sich befindet, sowie dass ein proximal vom 3. Tarsale gelegenen Knochen einem proximal vom 3. Carpale gelegenen homolog sein muss. Der Kopf des Capitatum wird diesen Anforderungen vollständig gerecht — dass er nicht mit dem Lunatum, sondern mit dem $Carpale_3$ verschmilzt, thut nichts zur Sache. Das Triangulare tarsi vereinigt sich ja auch mit dem distal davon gelegenen $Tarsale_3$. Dagegen sind folgende Thatsachen noch zur Bekräftigung dieser Auffassung anzuführen:

1) Der Kopf des Capitatum kann beim Menschen vollständig getrennt vorkommen (W. Gruber).

2) Beim menschlichen Embryo des 2. Monats ist eine fast quer verlaufende Trennungslinie zwischen dem eigentlichen Carpale und dem proximalen Teile des Knorpels deutlich zu erkennen.

3) Am ausgebildeten Capitatum des Menschen verläuft eine in der grossen Mehrzahl der Fälle (über 100 genau durchgesehen) deutlich sichtbare Naht, welche das Capitulum und einen kleinen Teil des Collum von dem distalen Teile des Knochens abgrenzt, — also eine normale Vorbildung für die oben erwähnte Varietät.

4) Bei Cryptoprocta ferox verläuft an dem aus mindestens vier Elementen zusammengewachsenen Scapho-Lunatum eine quere Furche, welche den Lunatum-Anteil von dem Triangulare-Anteil trennt.

Das Capitatum besteht aber nicht nur aus zwei, sondern aus drei Elementen. Hierfür kann ich bisher folgendes Thatsächliche beibringen. Bei Nasua narica, einem mit den Rudimenten von Praepollex und Praehallux ausgestatteten Raubthiere aus Süd-amerika, findet sich ausser einer schräg distal-medial nach proximal-lateral verlaufenden Naht-Furche am Dorsum des Capitatum noch eine von dieser sich abzweigende Furche, welche an der distalen Gelenkfläche (für den III. Metacarpus) endet. Ein so begrenztes distal-laterales drei- oder vierseitiges Feld fand ich auserdem bei Myogale moschata, Erinaceus europaeus u. a.

Ferner kommt hier als Varietät beim Menschen ein besonderes Knöchelchen vor (W. Gruber); ja bei näherem Zusehen sind die Spuren früherer Trennung noch beim Erwachsenen in vielen Fällen nachweisbar. Unter 100 Exemplaren zeigten über 70 eine deutliche Naht, welche den distal-lateral grossenteils mit dem IV. Metacarpus articulirenden Knochenvorsprung begrenzt. Ueber die Bedeutung dieses bisher für eine seltene Varietät gehaltenen, normal nachweisbaren Carpus-Elements bin ich noch zu keinem sicheren Ergebnisse gelangt.

Wenden wir uns zu den übrigen Carpus- und Tarsus-Knochen und zwar zunächst zu denjenigen, welche ausser Beziehung zu Praepollex und Praehallux stehen.

Das Lunatum besteht ursprünglich aus zwei Elementen, deren eines mehr distal und radial, das andere proximal und ulnar liegt. Hierfür sprechen folgende Thatsachen: 1) beim sechswöchentlichen menschlichen Embryo ist eine Trennungslinie nahe der radialen Spitze erkennbar — der kleine radiale Knorpel liegt nahe am $Centrale_1$ —, 2) beim Erwachsenen besteht in etwa $^1/_{10}$ der Fälle eine Naht, welche ein radial und volar gelegenes Stück abgrenzt; 3) nach Serres besitzt das Lunatum zwei Knochenkerne; 4) eine Zweiteilung ist als Varietät beobachtet worden.

Das Triquetrum (Pyramidale) carpi kann durch eine oder sogar zwei dorsale Furchen in zwei, vielleicht drei Bezirke zerfallen. Zwei ungefähr sagittal verlaufende Furchen finden sich bei Myogale moschata u. a. — Bei Cryptoprocta ferox verhält sich das Triquetrum höchst merkwürdig; ja, es ist mir überhaupt bisher nicht klar geworden, welcher Knochen dasselbe darstellt. Lateral (ulnar) neben dem „Scapho-Lunatum" (vgl. unten) und dem 3. Carpale (s. oben) liegt ein Knochen, der die Elemente Triquetrum + $Carpale_4$ und zwar auf der radialen Seite durch einen Einschnitt deutlich getrennt, zu enthalten scheint. Im Ganzen hat er die Form eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen ulnare Hypotenuse aber stark convex ist, während die sagittal verlaufende radiale grössere und die quer verlaufende kleinere Kathete fast gerade sind, abgesehen davon, dass erstere durch die eben erwähnte Incisur unterbrochen wird. Die proximale Spitze des Knochens liegt, durch ein Band von ihr getrennt, an der Ulna, die distale Kathetenfläche articulirt mit dem 4. und einem Teile des 5. Mittelhandknochens. Ulnar von diesem Carpus-Knochen liegt ein, vermittelst des eben erwähnten Bandes an den Radius gehefteter, von der Ulna bis zum 5. Metacarpus sich erstreckender Knochen, auf den dann das Pisiforme folgt. Ausser dem $Carpale_5$ scheint der Knochen gleichfalls ein Triquetrum, und zwar das oder ein laterales, zu beherbergen. — Wichtig ist m. E. unter allen Umständen, dass Metacarpus 4 und 5 jeder mit einem besonderen Carpalknochen articuliren, dass die Gelenkspalte zwischen den beiden beschriebenen Knochen mit der bei manchen Säugern im Hamatum vorkommenden dorsalen sagittalen Naht oder Furche übereinstimmt, schliesslich die Aehnlichkeit mit dem Verhalten beim Bären, wo ich früher das $Carpale_5$ getrennt gefunden habe, sowie mit Ziphius*). Bei Centetes und Solenodon wird das Triquetrum durch eine quere Furche dorsal in einen proximalen und distalen Abschnitt zerlegt. Das distale dreieckige Feld liegt bei Centetes mehr radial-, bei Solenodon mehr ulnarwärts, — hier die Lücke zwischen den ulnaren Rändern von Triquetrum s. s. und Hamatum ausfüllend. Bei Centetes, wo entschieden primitivere Zustände vorliegen, grenzt es an den „$Centrale_2$-An-

---

*) Vergl. Sitzung vom 15. Mai; von Turner (Journ. of. Anat. Bd. 20, p. 144 ff.) inzwischen bestätigt.

teil“ des Lunatum. Hier macht es den Eindruck eines dritten Centrale.

Beim menschlichen Embryo wird das Triquetrum früh angelegt und ist daher am Anfang und in der Mitte des 2. Monats auffallend gross. Es reicht weit distalwärts, fast bis an den Metacarpus 5, der stark von der Längsaxe des Unterarmes und der Hand abweicht, dem Carpus mehr seitlich als distal aufsitzt. Erst später wird der Metacarpus 5 von dem Triquetrum abgedrängt und allmählich an seinen Nachbar herangelegt. Von einer doppelten Anlage des Triquetrum habe ich mich bisher nicht überzeugen können. Allerdings hat es auf einer grösseren Anzahl aufeinander folgender Schnitte den Anschein, als wenn hier zwei Knorpel vorhanden seien. Schliesst man aber die Anlagen des Pisiforme und des Proc. styloides (s. u.) aus, so bleibt nur die bindegewebige Anlage der sog. Cartilago triquetra übrig, mit der es wol seine besondere Bewandtnis hat.

Beim Erwachsenen sieht man in der guten Hälfte der Fälle eine Trennung des Knochens in einen radialen-proximalen und einen ulnaren-distalen Anteil angedeutet. Die Grenze zwischen beiden fällt mit dem innern Rande der Gelenkfläche für das Pisiforme zusammen, auf der dorsalen Fläche ist die Trennungsfurche oft sehr tief. Als Varietät ist die Zweiteilung, wenn auch nur selten, besonders von W. Gruber beschrieben worden.

Von Bedeutung ist gewiss die Thatsache, dass bei Cryptoprocta ferox eine quere Furche das Carpale$_4$ — und etwas anderes kann ein proximal von der Basis metacarpi IV gelegener Knochen nicht gut sein — proximal, wenigstens zum Teil begrenzt, deshalb, weil sich bei verschiedenen Thieren eine Querteilung des Hamatum nachweisen liess. Diese Querteilung des Hamatum und, wie ich gleich hinzufüge, des ihm homologen Cuboideum fand ich nun bei näherer Untersuchung auch beim Menschen vor. Ueber die Hälfte der von mir durchgesehenen Exemplare dieser Knochen zeigen eine quer über die dorsale Fläche verlaufende Naht, welche sich auch auf die anderen Flächen des Knochens erstreckt und diesen so in einen proximalen und in einen distalen Abschnitt trennt. Am Hamatum beginnt die dorsale Naht am radialen Rande genau da, wo die Naht am Capitatum ausläuft; sie endet am ulnaren Rande an der rauhen Kante oder Fläche, welche die Gelenkflächen für das Triquetrum und den fünften Metacarpus trennt. Das dorsale Fünfeck wird so in ein distales

Viereck und ein proximales Dreieck zerlegt. Zwischen den beiden Gelenkflächen für den Körper und den Kopf des Capitatum befindet sich gewöhnlich eine rauhe, oft mehrere mm tiefe Grube (Sulcus), die genau in der frontalen Ebene (die Hand horizontal liegend gedacht) der Trennungslinie liegt, eine Ebene, welche ferner genau die proximale Kante des Hamulus berührt. Dass dieser übrigens sich vom Reste des Knochens trennen kann, habe ich mehrfach beobachtet; die Entstehung aus einem besonderen Knochenkerne ist ja längst bekannt.

Eine dunkele Linie im Cuboid-Knorpel beim menschlichen Embryo hatte ich bereits im Frühjahr 1883 gefunden. Dieselbe begrenzt ein kleines abgerundet-dreieckiges Feld am hinteren inneren Ende des Knorpels, welches an das Naviculare stösst. Hier besitzt der erwachsene Knochen einen auffallenden, durch eine bisher unbeachtet gebliebene Naht begrenzten Fortsatz. Die totale Q u e r t e i l u n g habe ich bisher weder beim Hamatum noch beim Cuboideum in der embryonalen Anlage finden können.

Dass auch der C a l c a n e u s, abgesehen von der „Epiphyse“ am hinteren Ende der Tuberositas, aus z w e i Stücken besteht, deren vormalige Grenze beim erwachsenen Knochen noch oft sichtbar ist, lässt sich gleichfalls durch embryonale Thatsachen erklären. L e b o u c q zeigte mir im September d. J. im Laboratorium von v a n B e n e d e n in Ostende ein Präparat vom menschlichen Embryo, bei dem der Calcaneus-Knorpel durch eine dunkele Linie in einen grösseren vorderen und einen kleineren hinteren Abschnitt zerfiel; ich fand bei meiner Rückkehr nach Jena Skizzen und Notizen vom März 1883 vor, die eine v o l l s t ä n d i g e T r e n n u n g betreffen. — Die in etwa der Hälfte der Fälle nachweisbare Naht verläuft beim ausgebildeten Knochen folgendermassen: auf der Aussenseite 2 cm vor der hinteren Fläche, schräg abwärts, auf der unteren Fläche in der Mitte zwischen vorderer und hinterer Fläche, innen: hinter dem Sulcus schräg aufwärts bis zum hinteren Rande der Gelenkfläche für das Trigonum (Proc. post. tali). Die Homologie des Calcaneus mit Triquetrum + Pisiforme gewinnt hierdurch ausserordentlich an Wahrscheinlichkeit.

Auch den T a l u s (excl. Trigonum) müssen wir in zwei Teile zerlegen. In etwa drei Viertel der Fälle verläuft beim erwachsenen Menschen eine rauhe erhabene Naht über den „Hals“ des Knochens, welche beiderseits auf den Sulcus tali stösst, in dessen Tiefe sie gleichfalls gewöhnlich nachweisbar ist. Nach reiflicher Ueberlegung

gelangte ich zu einer, meiner früheren (mit der Gegenbaur'schen Anschauung übereinstimmenden), nicht genau, aber ungefähr entsprechenden Auffassung, welche mir die bisher obwaltenden Schwierigkeiten zu lösen scheint. Indem ich (s. u.) daran festhalte, dass die Tuberositäten der Navicularia sich oben und unten entsprechen, vergleiche ich das Naviculare carpi s. s., d. h. ohne Tuberositas und ohne Centrale, dem vorderen Teile des Talus, das Lunatum radiale dem Talus-Körper, des Lunatum ulnare mit dem Trigonum. Abgesehen von der „Tuberositas" navicularis finden wir sonach das Scapho-Lunatum der Raubthiere im Astragalus (= Talus + Trigonum) wieder. Embryologisch kann ich diese Auffassung bisher noch nicht in allen Punkten stützen, — aber es liegen ebensowenig Thatsachen vor, welche gegen dieselbe sprechen.

Wir gelangen nunmehr zu denjenigen Carpus- und Tarsus-Elementen, welche sich m. E. ganz oder teilweise auf die Existenz eines rudimentären radialen Fingers, des Praepollex und einer rudimentären tibialen Zehe, des Praehallux beziehen lassen.

Das Naviculare carpi zerfällt bei den Säugethieren allgemein in einen radialen Teil, Tuberositas, und den Rest, welcher vielfach ausser dem Radiale ein Centrale enthält. Die Tuberositas muss ich nach meinen Vergleichungen für das proximale Carpale des Praepollex erklären, die gleichnamige Stelle des gleichnamigen (aber nicht complet homologen!) Knochens am Fusse resp. das Naviculare mediale der Nager für das proximale Tarsale des Praehallux. Nach aussen (ulnar) von der Tuberositas navicularis carpi liegt, entweder isolirt oder verschmolzen, das Centrale, — am Fusse ist dieses als Naviculare tarsi exclusive Tuberositas, oder — bei Nagethieren — als Naviculare laterale stets von dem dahinter liegenden Knochen: Talus („Tibiale") getrennt. Die „Tuberositas" und ihre Nachbarschaft ist nun noch beim Menschen sowohl an der Hand, wie besonders am Fusse häufig durch Naht von dem übrigen Knochen getrennt, eventuell vollständig isolirt (s. Varietäten von W. Gruber u. A.). Das von mir früher beschriebene Knöchelchen sitzt an der Innenseite der Tuberositas; es ist ein drittes Element, welches wol als Sesambein oder Epiphyse oder dgl. aufzufassen sein dürfte (?)

Characteristisch ist der Verlauf der Gelenklinien zwischen den Teilen eines „anomal" in mehrere Knochen zerfallenen menschlichen Naviculare: derselbe stimmt genau überein mit dem Ver-

halten bei vielen Säugethieren, sowie den auch beim erwachsenen menschlichen Knochen oft nachweisbaren Nähten oder Rauhigkeiten. Der Zerfall in einen proximalen und in einen distalen Abschnitt entspricht der Trennung von Naviculare und Talus am Fusse, durch die ja bekanntlich manchmal eingehende Gelenkspalte. Auch die embryonale getrennte Anlage des Naviculare carpi, (abgesehen vom Centrale $_1$), war ich jetzt so glücklich zu sehen, für das Naviculare tarsi habe ich bereits am 6. Februar d. J. die embryonale Zweiteilung angegeben. Da es zweckmässig sein dürfte, den dem radialen oder tibialen Teile des späteren Knochens resp. dem inneren Naviculare tarsi der Nager entsprechenden Knorpel mit einem Namen zu belegen, so nenne ich denselben **Cartilago marginalis** (carpi, tarsi), Randknorpel.

Am Fusse hängt derselbe durch Band-Anlage mit der unteren dreieckigen Spitze des Tibia-Knorpels (Malleolus) zusammen, welche von dem Reste der Tibia durch eine deutliche Querlinie abgesetzt ist (2. Monat).

Während bei den von mir untersuchten Säugethieren, sowol an der Hand wie am Fusse, das Naviculare eine Tuberositas besitzt, verhalten sich das Multangulum majus s. Trapezium, Carpale $_1$, sowie Cuneiforme $_1$ oder Tarsale $_1$ verschieden. Was diese beiden unter sich homologen Knochen aber am meisten auszeichnet, ist die Gelenkverbindung mit dem überzäligen Knochen, den ich bereits früher als Rudiment eines Praepollex oder Praehallux gedeutet habe. Nur wo das Carpale $_1$ ulnarwärts verschoben ist (Nager und Carnivoren), findet keine directe Beziehung zwischen ihm und dem Rudiment des neuen Fingers statt.

Es galt nun, für den Menschen das Rudiment von Praepollex und Praehallux zu suchen. Das Carpale resp. Tarsale proximale derselben, glaube ich, wie gesagt, in der Tuberositas der Navicularia carpi und tarsi resp. deren embryonalen Anlagen gefunden zu haben. Das Carpale distale des Praepollex wird, soweit ich sehe, von der Tuberositas des Trapezium dargestellt, wie ich dies allerdings embryonal noch nicht beweisen kann. Dagegen unterliegt es wol keinem Zweifel mehr, dass der mediale oder plantare Teil des ersten Keilbeins ein besonderes, und zwar auf eine neue tibiale Zehe zu beziehendes Skeletelement bildet, wenn ich anführe, dass der Knorpel des ersten Keilbeins beim zweimonatlichen menschlichen Embryo durch eine Längslinie in zwei ziemlich gleiche Hälften zerlegt wird.

Nachdem ich bereits früher eine Zweiteilung des Tarsale $_1$ bei Beutelthieren gefunden und auf die entsprechende Varietät beim erwachsenen Menschen *) hingewiesen hatte, — nachdem sich ferner die eben erwähnte embryonale Tatsache herausgestellt hatte, habe ich das Verhalten normaler erwachsener Knochen beim Menschen geprüft und bin zu sehr merkwürdigen Ergebnissen gekommen, die Jedermann leicht zu bestätigen im Stande sein wird, da sie geradezu mit Händen zu greifen sind.

Das erste Keilbein des Menschen wird nicht nur aus zwei Knorpeln angelegt, es kann nicht nur in zwei Knochen zerfallen, sondern es besteht in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle, in der Regel aus zwei Knochenstücken, die durch eine horizontale Naht getrennt resp. vereinigt werden. Ferner ist die Gelenkfläche für den ersten Metatarsus deutlich durch rauhe Rand-Einschnitte und eine diese verbindende Leiste in zwei geteilt, ebenso wie die entsprechende Gelenkfläche an der Basis metatarsi I. Schliesslich zerfällt auch die innerste, für das erste Keilbein bestimmte Gelenkfläche des Naviculare in zwei Abschnitte, deren innerer oder mehr plantarer die Gelenkfläche zwischen „Tuberositas“ und plantarem Keilbein bildet. Von den Einschnitten an der Basis-Gelenkfläche des ersten Metatarsus aus lässt sich an der tibialen und lateralen (plantaren) Seite des Knochens eine Naht verfolgen, welche den Metatarsus praehallucis von dem des Hallux zu scheiden scheint. Sonach muss ich constatiren, dass sich die Rudimente einer normal angelegten neuen tibialen Zehe am Naviculare, ersten Keilbein und ersten Metatarsus nachweisen lassen. Mit diesen Erfahrungen ausgerüstet, wandte ich mich zur Hand zurück. Auch am Multangulum majus fand sich eine kleine bisher unbekannt gebliebene Gelenkfläche, radial neben der vielbeschriebenen Sattelfläche; ebenso zeigt der erste Mittelhandknochen an der Basis eine radiale Neben-Gelenkfläche, wie auch ein Teil dieses Knochens durch eine Naht abgegrenzt ist. Besonders deutlich sind manche der eben beschriebenen Verhältnisse im Pubertätsalter; dort sind z. B. die proximalen Epiphysen an der Basis des ersten Metatarsus und Metacarpus in

---

*) Ausser dem früher demonstrirten Falle fand ich ein fast vollständig getrenntes I. Keilbein an der rechten Seite des männlichen Negerskelets der Jenaer Sammlung. Auf der linken Seite und bei dem weiblichen Negerskelet war nichts auffallendes zu sehen.

zwei Felder zerlegt. Vergleicht man hiermit die als Doppeldaumen und Doppelhallux zu bezeichnenden, bekanntlich nicht gerade seltenen Vorkommnisse, so stellt sich heraus, dass die überzähligen Daumen und grossen Zehen an denselben Stellen sich befinden, wo ich ihre normalen Anlagen gefunden habe, nämlich am Metacarpus $_1$ oder Carpale $_1$ resp. am Metatarsus $_1$ oder ersten Keilbein.

Merkwürdige Schlaglichter auf die oben vorgetragenen Anschauungen und zwar durchaus zu ihren Gunsten wirft eine Betrachtung der Muskulatur. Schon wiederholt*) — allerdings bisher ohne Erfolg — habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass der Abductor pollicis longus oder doch seine Sehne stets doppelt ist. Soll man nicht den radialen Muskel oder die zweite Sehne auf den Praepollex beziehen? Sie heftet sich wenigstens an den Knochenstellen an, welche ich zum Praepollex rechne. Der Tibialis anticus könnte als Extensor, der Tibialis posticus als Flexor praehallucis longus aufgefasst werden, während die oft vorhandene zweite Sehne des Extensor hallucis brevis gleichfalls ungezwungen als Praehallux-Sehne ihre Erklärung fände. Auch die bekannten Spaltungen der Sehnen der beiden Tibiales stehen vielleicht im Zusammenhange mit der Existenz des Praehallux.

Zum Schlusse möchte ich noch ganz kurz darauf hinweisen, dass manche Anzeichen vorliegen dafür, es werde auch auf der ulnaren resp. fibularen Seite ein neuer Finger resp. eine neue Zehe in Rudimenten sich nachweisen lassen. Hierher gehören, abgesehen von den bekannten „Missbildungen“ beim Menschen, viele eigenthümliche Befunde an Pisiforme, Calcaneus, Hamatum, Cuboideum, Metacarpus $_5$ und Metatarsus $_5$ u. a. — schliesslich die bisher unbekannte Thatsache, dass der Proc. styloides ulnae beim menschlichen Embryo des 2. Monats ein besonderer kleiner Knorpel ist, welcher den Eindruck eines Carpus-Elementes macht. Auf den von mir durchgesehenen Schnitten verhielt sich dieser Knorpel zur Ulna-Anlage, wie das Centrale zum Naviculare, d. h. er war nicht mehr auf allen Schnitten vollständig isolirt. Eine Verwechselung mit dem Pisiforme ist dadurch ausgeschlossen, — vielleicht aber Anderen begegnet. Letzteres liegt viel weiter volar- und auch etwas radialwärts. Der Knorpel des Proc. styloides hängt durch eine sich dunkel färbende bindegewebige

---

*) Anleitung zum Präpariren, 1. Aufl. 1882. S. 75. 2. Aufl. 1884. S. 46.

Masse (Lig. subcruentum) mit dem Radius-Knorpel zusammen, während zwischen diesem Bande und jenem Knorpel einerseits, der Ulna-Anlage andererseits auf mehreren Schnitten hinter einander eine breite Spalte, in der Gefässe verlaufen, besteht.

Als Ausdruck meiner jetzigen Ansicht, welche in Folge der neuen Untersuchungen in einigen Punkten von der früheren abweicht, gleichzeitig zur Ergänzung und Verdeutlichung des oben Gesagten gebe ich S. 163 eine Tabelle zur Homologie von Carpus und Tarsus, welche allerdings weder auf Vollständigkeit noch auf absolute Sicherheit oder Richtigkeit Anspruch erhebt. Es bleiben noch immer Lücken in unserer Kenntnis und daher Raum zu Vermuthungen und Irrthümern übrig.

Die Gegenbaur'schen Bezeichnungen: Radiale, Tibiale, Intermedium, Ulnare, Fibulare reichen in Folge der starken Vermehrung der Elemente nicht mehr aus. Ich habe deshalb von den sechs (resp. 7) Fingern und Zehen ausgehend, die diesen entsprechenden Carpalia und Tarsalia, als C. und T. distalia bezeichnet, da ich (vergl. oben), abgesehen von den neuen Centralia, für jeden Finger und jede Zehe auch je ein proximales Carpale oder Tarsale gefunden zu haben glaube, die demgemäss zu benennen sein dürften. Die Zahl der Hand- und Fusswurzel-Bestandtheile ist auf 17 (oder doch 15) gestiegen, abgesehen von den in menschlichen Varietäten angedeuteten, weder vergleichend-anatomisch noch embryonal bisher sicher nachweisbaren (Teilung des Multangulum minus und des Cuneiforme II, getrenntes Auftreten des Proc. styloides metacarpi III u. a.).

In welcher Weise eine Umgestaltung unserer theoretischen Auffassung über die Ableitung des Gliedmassenskelets der Säugethiere von niederen Formen sich nötig machen wird, soll demnächst ausführlicher discutirt werden. Für jetzt begnüge ich mich mit dem Hinweise darauf, dass nach meinen Erfahrungen alle Thatsachen zu Gunsten der Annahme von parallelen oder doch nur sehr spitzwinklig divergirenden Stralen sprechen und dass für die Säugetbier-Gliedmassen die Anknüpfung an niedere Formen noch tiefer, als bei den Urodelen, d. h. also bei Fischen gesucht werden muss. Die Funde an den distalen Enden von Ulna und Tibia endlich, sowie die von diesem Gesichtspunkte aus noch nicht betrachteten Verhältnisse der Epiphysen und Apophysen der Extremitätenknochen überhaupt, welche ich, hierdurch veranlasst, studirt habe, führten mich zu dem Ergebnisse, dass wir in diesen durch

	Hand		Fuss	
„Scapho-Lunatum“	Tuberositas navicularis (Naviculare radiale)	carpale proximale 0 — tarsale proximale 0 s. Praepollicis — s. Praehallucis	Tuberositas navicularis (Naviculare mediale) s. tibiale.	Astragalus
„Scapho-Lunatum“	Naviculare excl. Tuberositas und Centrale	carpale prox. 1 — tarsale prox. 1 (radiale) — (tibiale)	Talus-Kopf	Astragalus
„Scapho-Lunatum“	Lunatum radiale s. mediale	carpale prox. 2 — tarsale prox. 2 (intermedium $_1$)	Talus-Körper	Astragalus
„Scapho-Lunatum“	Lunatum ulnare s. laterale	carpale prox. 3 — tarsale prox. 3 (intermedium $_2$)	Trigonum (Proc. post. tali)	Astragalus
	Triquetrum radiale s. mediale	carpale prox. 4 — tarsale prox. 4 (ulnare) — (fibulare)	Calcaneus, oberer vorderer Teil	
	Triquetrum ulnare s. laterale	carpale prox. 5 — tarsale prox. 5	Calcaneus, hinterer Teil, excl. Epiphyse	
	Pisiforme	carpale prox. 6 — tarsale prox. 6	„Epiphyse“ des Calcaneus	
	Centrale (Teil des Naviculare)	centrale $_1$	Naviculare, lateraler Teil	
	Kopf des Capitatum (Triangulare carpi)	centrale $_2$	Proxim. Teil des 3. Keilbeins (Triangulare tarsi)	
	Hamatum, proximaler Teil	centrale $_3$	Cuboideum, proximal. Teil	
	Tuberositas multanguli majoris	carpale distale 0 — tarsale distale 0 s. Praepollicis — s Praehallucis	Cuneiforme I, mediale (plantare) Hälfte	
	Multangulum majus (Carpale$_1$, Trapezium excl. Tuberositas)	carpale distale 1 — tarsale distale 1	Cuneiforme I, laterale (dorsale) Hälfte	
	Multangulum minus (event. geteilt)	„ „ 2 — „ „ 2	Cuneiforme II (event. geteilt)	
	Capitatum distale (event. geteilt)	„ „ 3 — „ „ 3	Cuneiforme III, excl. prox. Teil.	
	Hamatum, distaler Teil	„ „ 4 — „ „ 4 „ „ 5 — „ „ 5	Cuboideum, vord. Teil	
	Hamulus?	„ „ 6 — „ „ 6	?	
	Radialer Teil des Metacarpus „I“	metacarpus 0 — metatarsus 0 s. Praepollicis — s. Praehallucis	Tibialer Teil des Metatarsus „I“	
	Metacarpus I, Rest	metacarpus 1 — metatarsus 1	Metatarsus I, Rest	
	Tuberositas metacarpi V ?	metacarpus 6 — metatarsus 6 ?	Tuberositas metarsi V.	

besondere Knorpel-Anlagen oder Knochenkerne ausgezeichneten proximalen und distalen Enden der Extremitätenknochen Reste der verloren gegangenen Stralen vor uns haben, deren distale Ausläufer uns in Carpus und Tarsus in so unerwartet vollständiger Erhaltung noch vorliegen. Bei den Extremitäten beginnt die Reduction eben nicht an den peripheren, stets physiologisch beanspruchten Enden, sondern in den Verbindungsgliedern zwischen Rumpf und Endstück, bei denen es weniger auf Vielfältigkeit und Vielseitigkeit, als auf einheitlich zusammengefasste Kraft ankommt. Verändern sich die an das Endglied im Allgemeinen gestellten Anforderungen, so tritt auch hier schliesslich die Reduction bis zur Einzahl, ein. Durchaus nicht zu Ungunsten der hier vorgetragenen Anschauung spricht, soviel ich sehe, ferner das bekannte Verhalten der Nerven-Plexus für die Extremitäten: oben wie unten fünf, meist sechs, auch sieben Spinalnerven, durch die ganze Reihe der höheren Wirbelthiere, d. h. also für jeden Stral (Finger, Zehe) ein Nerv.

Sobald Zeit und Material es erlauben, gedenke ich in einer ausführlichen Arbeit mit Abbildungen das bisher vorläufig Veröffentlichte näher auszuführen und zu begründen.

2) Herr Thomae trug über

einen einfachen geometrischen Satz

vor.

Dem Vortragenden ist von Herrn Staatsrath Engelhardt in Gera ein Satz mitgetheilt, der noch nicht bekannt zu sein scheint. Nennt man die Verbindungslinien der Mitten gegenüberliegender Seiten eines Vierecks „Mittellinien", so ist die Summe der Quadrate der Diagonalen des Viereckes noch einmal so gross als die Summe der Quadrate der Mittellinien.

Der Beweis des Herrn Engelhardt stützt sich nur auf die Geometrie der Alten und lautet wie folgt. Es seien m_1 m_2 m_3 m_4 die Ecken des Vierecks, und n_1 n_2 n_3 n_4 die Mitten zwischen $m_1\, m_2$, $m_2\, m_3$, $m_3\, m_4$, $m_4\, m_1$; dann ist

$$\overline{m_2\, m_3}^2 + \overline{m_3\, m_1}^2 = \tfrac{1}{2}\overline{m_1\, m_2}^2 + 2\,\overline{n_1\, m_3}^2,$$

$$\overline{m_2\, m_4}^2 + \overline{m_4\, m_1}^2 = \tfrac{1}{2}\overline{m_1\, m_2}^2 + 2\,\overline{n_1\, m_4}^2,$$

$$\overline{m_3\, m_2}^2 + \overline{m_2\, m_4}^2 = \tfrac{1}{2}\overline{m_3\, m_4}^2 + 2\,\overline{n_3\, m_2}^2,$$

$$\overline{m_4\, m_1}^2 + \overline{m_1\, m_3}^2 = \tfrac{1}{2}\overline{m_3\, m_4}^2 + 2\,\overline{n_3\, m_1}^2,$$

$$\overline{m_3 n_1}^2 + \overline{n_1 m_4}^2 = \tfrac{1}{2}\overline{m_3 m_4}^2 + 2\overline{n_1 n_3}^2,$$

$$\overline{m_1 n_3}^2 + \overline{n_3 m_2}^2 = \tfrac{1}{2}\overline{m_1 m_2}^2 + 2\overline{n_1 n_3}^2.$$

Aus den ersten vier dieser Gleichungen folgt

$$2\overline{m_1 m_3}^2 + 2\overline{m_1 m_4}^2 + 2\overline{m_2 m_3}^2 + 2\overline{m_2 m_4}^2 =$$

$$\overline{m_1 m_2}^2 + \overline{m_3 m_4}^2 + 2\left(\overline{n_1 m_3}^2 + \overline{n_1 m_4}^2 + \overline{n_3 m_1}^2 + \overline{n_3 m_2}^2\right).$$

Aus der fünften und sechsten Gleichung folgt

$$2\left(\overline{n_1 m_3}^2 + \overline{n_1 m_4}^2 + \overline{n_3 m_1}^2 + \overline{n_3 m_2}^2\right) =$$

$$\overline{m_1 m_2}^2 + \overline{m_3 m_4}^2 + 8\overline{n_1 n_3}^2.$$

Setzt man dies in die vorige Gleichung ein und dividirt mit 2, so erhält man

$$\overline{m_1 m_3}^2 + \overline{m_2 m_4}^2 =$$

$$4\overline{n_1 n_3}^2 + \overline{m_1 m_2}^2 + \overline{m_3 m_4}^2 - \overline{m_1 m_4}^2 - \overline{m_2 m_3}^2.$$

Lässt man hierin 1 in 2, 2 in 3, 3 in 4, 4 in 1 übergehen, so gewinnt man weiter die Gleichung

$$\overline{m_2 m_4}^2 + \overline{m_1 m_3}^2 =$$

$$4\overline{n_2 n_4}^2 + \overline{m_2 m_3}^2 + \overline{m_4 m_1}^2 - \overline{m_2 m_1}^2 - \overline{m_3 m_4}^2,$$

und durch Addition dieser beiden letzten Gleichungen und Division mit 2 das Resultat

$$\overline{m_1 m_3}^2 + \overline{m_2 m_4}^2 = 2\overline{n_1 n_3}^2 + 2\overline{n_2 n_4}^2,$$

womit der Satz erwiesen ist.

Der Vortragende bemerkt zu diesem Beweise, dass er von der Eigenschaft des Vierecks, ein ebenes zu sein, keinen Gebrauch macht, und also auch für ein windschiefes gilt. Die Mittel, welche die analytische Geometrie bietet, führen fast noch schneller zum Ziele. Es sei

$$\Sigma f(x) = f(x) + f(y) + f(z)$$

und es seien d, d' die Diagonalen, m, m' die Mittellinien, so ist

$$dd + d'd' = \Sigma (x_3 - x_1)^2 + (x_4 - x_2)^2,$$

$$m^2 + m'^2 = \Sigma \left(\frac{x_3 + x_4}{2} - \frac{x_2 + y_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{x_4 + x_1}{2} - \frac{x_3 + x_2}{2}\right)^2$$

$$= \Sigma \left(\frac{x_4 - x_2}{2} + \frac{x_3 - x_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{x_4 - x_2}{2} - \frac{x_3 - x_1}{2}\right)^2$$

$$= \Sigma 2 \left(\frac{x_4 - x_2}{2}\right)^2 + 2 \left(\frac{x_3 - x_1}{2}\right)^2 = \tfrac{1}{2} d^2 + \tfrac{1}{2} d'^2,$$

w. z. b. w.

Herr Engelhardt beweist weiter noch den Satz:

Die Differenz zwischen den Summen der Quadrate der gegenüberliegenden Seiten ist in jedem Viereck noch einmal so gross als die Differenz der Quadrate der Mittellinien.

---

13. Sitzung am 13. November 1885.

1) Zuerst sprach Herr Stahl:

Über den richtenden Einfluss des Lichtes auf die Theilung der Equisetumsporen.

Die Zahl der Fälle, in denen der richtende Einfluss äusserer Kräfte auf die Zelltheilung nachgewiesen oder doch wenigstens vermuthet werden kann, ist zur Zeit noch eine sehr geringe. Allein sicher festgestellt ist der Fall von Marsilia. Bei horizontaler Lage der Spore wird der Embryo stets derart durch die erste Wand getheilt, dass eine obere und eine untere Hälfte gebildet werden: die erste Wand nimmt eine zur Richtung der Schwerkraft nahezu senkrechte Lage ein und nimmt zugleich die Archegoniumaxe ziemlich genau in sich auf. Bei vertical nach abwärts oder nach oben gerichteten Sporen macht sich nach Leitgeb ein richtender Einfluss der Schwerkraft nicht mehr geltend, die erste Wand fällt mit der Archegoniumaxe zusammen. Der Einfluss der Schwerkraft kommt also hier nur unter gewissen Voraussetzungen zur Geltung, die in der Natur allerdings gewöhnlich eintreten werden, da die horizontale Lage die Gleichgewichtslage der Sporen ist.

Obwohl schon von vornherein zu erwarten war, dass das Licht, welches in so hervorragender Weise die Ausbildung und Wachsthumsrichtung von Pflanzenorganen beeinflusst, auch in einzelnen Fällen schon auf die Theilungsrichtung von Zellen seinen Einfluss geltend machen wird, so war bis jetzt kein solcher Fall bekannt. Ein schönes Beispiel, in welchem die vermuthete Einwirkung des Lichtes verwirklicht ist, hat der Vortragende in den Sporen der Schachtelhalme gefunden.

Bei der Keimung zerfällt die Sporenzelle in zwei ungleich grosse Zellen: in eine kleinere, linsenförmige, spärlichen Chloro-

phyllinhalt führende Wurzelhaarzelle und eine grosse dunkelgrüne Zelle, aus welcher das Prothallium hervorgeht. Lässt man die Sporen im Dunkeln keimen, so erfolgt die Theilung nach kürzerer oder längerer Frist, ohne dass eine Beziehung der Lage der ersten Wand zur Richtung des Erdradius zu erkennen wäre. Die Wurzelzelle liegt nämlich bald oben, bald unten, bald in beliebigen anderen Richtungen.

Am Lichte tritt die Theilung der Sporen, wie bekannt, viel rascher ein als im Dunkeln. Selbst intensives Sonnenlicht vermag dieselbe nicht zu verhindern.

An den dem directen Sonnenlicht ausgesetzten Sporen findet man nun ganz constant die Scheidewand normal zu den Lichtstrahlen orientirt, so dass also die grössere Prothalliumzelle nach der Lichtquelle, die Wurzelzelle nach der Schattenseite gekehrt ist.

Verfolgen wir die in den Sporen sich vollziehenden Veränderungen genaucr, so sehen wir den centralen, erst kugeligen Kern sich in der Richtung des Strahlengangs verlängern; bald beobachtet man zwei Kerne, ven denen der eine der vom Licht abgewendeten Seite der Sporenwand näher gerückt ist und zwischen beiden Kernen die uhrglasförmige Scheidewand, die mit ihrem Rande an die vom Licht abgewendete Innenfläche der Sporenhaut sich ansetzt. Es wird also der zur Theilung sich anschickende Kern gezwungen, sich in einer durch die Lichtstrahlen bedingten Richtung zu theilen: die Axe der Kernfigur coincidirt mit der Richtung der dominirenden Lichtstrahlen.

In der ersten Nacht nach der Theilung wächst gewöhnlich die Wurzelzelle zum Wurzelhaar aus, welches in der durch die Anlage gegebenen Richtung negativ heliotropisch weiter wächst.

Nachdem der Einfluss des Lichtes auf die Sporentheilung einmal festgestellt worden war, war es von Interesse, zu untersuchen, wie sich Equisetumsporen verhalten, auf welche das Licht nacheinander von verschiedenen Seiten einwirkt. Die Sporen wurden zu diesem Zweck auf langsam rotirenden Glasscheiben oder in kleinen flachen Krystallisirschalen dem Lichte ausgesetzt und über Nacht in einen durch Eis abgekühlten Raum gebracht. In einem Versuche zeigte sich nach fünf Tagen, dass die meisten den Tag über auf dem Rotationsapparat gewesenen Sporen noch ungetheilt waren und aussahen wie Sporen, die erst seit wenigen Stunden in Wasser liegen; eine Anzahl anderer war getheilt — und meist in abnormer Weise — in zwei gleich grosse, grüne Zellen von halbkugeliger Gestalt. Andere Versuche, die bei sehr

trübem Wetter angestellt worden waren, haben weniger prägnante Resultate ergeben. Es scheint, dass das Licht ziemlich intensiv sein muss, um unter den erwähnten Umständen die normale Zerklüftung des Sporeninhaltes zu erschweren oder gar zu verhindern.

Die Resultate dieser Untersuchungen lassen sich folgendermaassen zusammenfassen:

Das Licht wirkt derart auf den zur Theilung sich anschickenden Sporenkern, dass die Axe der Kernfigur durch den Gang der Lichtstrahlen bedingt wird und die beiden Tochterkerne in die Richtung des Strahlengangs zu liegen kommen. Der der Lichtquelle zugekehrte Kern ist der Kern der primären Prothalliumzelle, der andere der Kern der auf der Schattenseite der Spore angelegten Wurzelzelle. So gross nun auch der Einfluss des Lichtes bei der Sporentheilung ist, so besteht er doch nur darin, dass er die Theilung beschleunigt und deren Richtung bestimmt, denn bei Lichtabschluss vermögen die Sporen in derselben Weise sich zu theilen als bei Lichtzutritt. Eine Consequenz der Beeinflussung der Kerntheilung durch den Strahlengang ist es, wenn die Sporen bei fortwährend sich änderndem Lichteinfall in ihrer Theilung beeinträchtigt oder gar verhindert werden.

2) Darauf sprach Herr Ernst Haeckel über das

System der Acantharien.

Die Acantharien (oder Acanthometren im weitesten Sinne) bilden eine von den vier natürlichen Legionen oder Haupt-Abtheilungen der Radiolarien. Obwohl sie alle wesentlichen Charactere der letzteren besitzen, unterscheiden sie sich doch von den drei anderen Legionen in einigen auffallenden Eigenthümlichkeiten, so dass man sie auch als eine selbständige Rhizopoden-Klasse auffassen könnte. Ihr Skelet entwickelt sich nach anderen Gesetzen, als dasjenige der drei übrigen Legionen (der Spumellarien, Nassellarien und Phaeodorien), und besteht nicht, wie bei diesen aus Kieselerde, sondern aus einer eigenartigen organischen Substanz, dem Acanthin, welches wahrscheinlich dem Spongin und dem Chitin nahe verwandt ist. Auch der einzellige Weichkörper zeigt mehrere eigenthümliche Structur-Verhältnisse, und sein Kern spaltet sich gewöhnlich frühzeitig und auf besondere Weise in viele kleine Kerne, wie Richard Hertwig zuerst (1879) beschrieben hat. Jedes von diesen Spaltungs-Producten wird später zum Kern einer geisseltragenden Schwärmspore. Der ganze Inhalt der Central-Kapsel

wird schliesslich zur Production dieser Geissel-Sporen verbraucht. Die Membran der Central-Kapsel ist allenthalhen von zahlreichen kleinen Poren durchbrochen, durch welche die Pseudopodien in die umgebende Gallerthülle austreten. An der Oberfläche der letzteren bilden sie eigenthümliche Netze, von deren Centralpunkten feine lange Fäden frei in das Seewasser ausstrahlen. Zur Stütze dieser Pseudopodien dienen theilweise die zahlreichen Radial-Stacheln, welche stets vom Mittelpunkt der Central-Kapsel ausgehen und deren Membran durchbohren. Bei den eigentlichen Acanthometren besteht das ganze Skelet allein aus dieser sternförmigen Stachelgruppe, während bei den Acanthophracten dazu noch eine Gitterschale kommt, welche sich aus Querfortsätzen der Stacheln zusammensetzt und die Central-Kapsel einschliesst.

Aus neueren Untersuchungen, und besonders aus den reichen Sammlungen der Challenger-Expedition, geht mit Sicherheit hervor, dass die Acantharien in ungeheuren Massen sowohl an der Oberfläche des Meeres, als in verschiedenen Tiefen schweben. Dennoch war die ganze Gruppe bis vor dreissig Jahren völlig unbekannt. Erst im Jahre 1855 beschrieb JOHANNES MÜLLER die ersten von ihm entdeckten Formen unter dem Namen Acanthometra. In der berühmten Abhandlung, in welcher er kurz vor seinem Tode, 1858, die Klasse der Radiolarien begründete, unterschied er 4 Gattungen und 18 Arten von Acanthometren. In meiner Monographie der Radiolarien (1862) war diese Zahl auf 13 Genera und 65 Species gestiegen; davon kamen 9 Gattungen und 50 Arten auf die eigentlichen, schalenlosen Acanthometren, 4 Gattungen und 15 Arten auf die beschalten Acanthophracten. In dem neuen System der Acantharien, welches im ersten Bande der Challenger-Radiolarien gedruckt vorliegt (p. 716—888) beläuft sich die Zahl ihrer Genera auf 65, diejenige der Species auf 372. Davon kommen 27 Gattungen mit 160 Arten auf die Acanthometren, 38 Gattungen mit 212 Arten auf die Acanthophracten. Dieselben werden durch die vorgelegten 12 Tafeln illustrirt. (Taf. 129—140).

Die grosse Menge dieser neuen Acantharien-Formen ist insofern von hohem morphologischen Interesse, als sie in sehr vollständiger Weise die verschiedenen bisher bekannten Formen-Gruppen dieser merkwürdigen Radiolarien-Legion verbindet und ein monophyletisches System derselben durchzuführen gestattet. Danach lassen sich die folgenden 4 Ordnungen und 12 Familien unterscheiden. Die gemeinsame Stamm-Gruppe sind die

Actineliden (speciell die Astrolophiden) mit einer variablen Zahl von einfachen Radial-Stacheln. Aus diesen sind die Acanthoniden hervorgegangen, bei welchen stets 20 Radial-Stacheln nach J. MÜLLER's Gesetze vertheilt sind. Aus den Acanthoniden haben sich als 2 verschiedene Zweige die Sphaerocapsiden und Dorataspiden entwickelt, und aus letzteren die beiden Familien der Phractopeltiden und Belonaspiden. Von den Belonaspiden stammen die Hexalaspiden ab, und von diesen die Diploconiden.

I. Ordnung: Acanthometra.

Acantharien ohne Gitterschale, mit einem sternförmigen Skelet, dessen Radial-Stacheln nicht durch Querfortsätze verbunden sind.

I. Unterordnung: Actineidal.

Acanthometren mit einer variablen Zahl von Radial-Stacheln, welche nicht nach JOHANNES MÜLLER's Stellungs-Gesetze vertheilt sind.

1. Familie: Astrolophida.

Radial-Stacheln sehr zahlreich (30—200 und darüber) im Mittelpunkte einer Kugel vereinigt und in einen sphaerischen Raum ausstrahlend (Actinelius, Astrolophas, Actinastrum).

2. Familie: Litholophida.

Radial-Stacheln in der Spitze einer conischen Central-Kapsel vereinigt und innerhalb eines kegelförmigen Raumes oder eines Kugel-Quadranten ausstrahlend (Litholophus.)

3. Familie: Chiastolida (vel Acanthochiasmida).

Radial-Stacheln paarweise im Centrum der Kapsel verwachsen und hier als 10 oder 16 diametrale Stacheln locker gekreuzt (Chiastolus mit 16, Acanthochiasma mit 10 Diametral-Stacheln.

II. Unterordnung: Acanthonida.

Acanthometren mit 20 Radial-Stacheln, welche regelmässig nach JOHANNES MÜLLER's Stellungs-Gesetze (Icosacantha) in 5 Zonen mit je 4 Stacheln vertheilt sind (die 4 aequatorialen und die 8 polaren Stacheln liegen paarweise entgegengesetzt in 2 auf einander senkrechten Meridian-Ebenen, hingegen die 8 Tropen-Stacheln in 2 anderen senkrecht gekreuzten Meridian-Ebenen, welche die ersteren unter Winkeln von 45° schneiden.

4. Familie: Astrolonchida.

Acanthoniden mit 20 Radial-Stacheln von gleicher Form und Grösse (11 Genera und 3 Subfamilien: A. Zygacanthida, Stacheln einfach, ohne Apophysen; B. Phractacanthida, jeder Stachel mit 2 gegenständigen Apophysen; C. Stauracanthida, jeder Stachel mit 4 gekreuzten Apophysen.

5. Familie: Quadrilonchida.

Acanthoniden mit 4 grossen Aequatorial-Stacheln und 16 kleinen Stacheln, 8 polaren und 8 Tropen-Stacheln (7 Genera und 2 Subfamilien: A. Acanthostaurida, Stacheln einfach, ohne Apophysen; B. Lithopterida, Stacheln mit 2 gegenständigen, oft gegitterten Apophysen).

6. Familie: Amphilonchida.

Acanthoniden mit 2 grossen gegenständigen Aequatorial-Stacheln und 18 kleinen Stacheln (3 Genera).

II. Ordnung: Acanthophracta.

Radiolarien mit einer vollständigen Gitterschale, durch welche die Radial-Stacheln untereinander verbunden sind.

III. Unterordnung: Sphaerophracta.

Acanthophracten mit kugeliger Gitterschale.

7. Familie: Sphaerocapsida.

Sphaerophracten, deren kugelige einfache Gitterschale von 20 Stachellöchern durchbrochen und aus unzähligen kleinen Plättchen zusammengesetzt ist, deren jedes einen feinen Porus zeigt. (5 Genera.)

8. Familie: Dorataspida.

Sphaerophracten, deren kugelige einfache Gitterschale durch Verbindung der tangentialen Aste entsteht, welche von den 2 oder 4 Querfortsätzen der 20 Stacheln ausgehen (17 Genera und 2 Subfamilien: A. Diporaspida: Jeder Radial-Stachel mit 2 gegenständigen Querfortsätzen, Schale daher aus den Ästen von 40 primaeren Apophysen zusammengesetzt; B. Tessaraspida: Jeder Radial-Stachel mit 4 gekreuzten Querfortsätzen, Schale daher aus den Asten von 80 primaeren Apophysen zusammengesetzt.

9. Familie: Phractopeltida.

Sphaerophracten, deren kugelige Gitterschale aus zwei concentrischen, durch die 20 Radialstacheln verbundenen Gitterkugeln sich zusammensetzt; zwischen innerer und äusserer Gitterkugel die Membran der Central-Kapsel (5 Genera).

IV. Unter-Ordnung: Prunophracta.

Acanthophracten, deren Gitterschale niemals kugelig, sondern ellipsoid, linsenförmig oder doppelkegelförmig ist.

10. Familie: Belonaspida.

Prunophracten mit ellipsoider Gitterschale, in deren grösster Axe 2 gegenständige Aequatorial-Stacheln liegen, länger als die 18 kleineren Stacheln. (5 Genera).

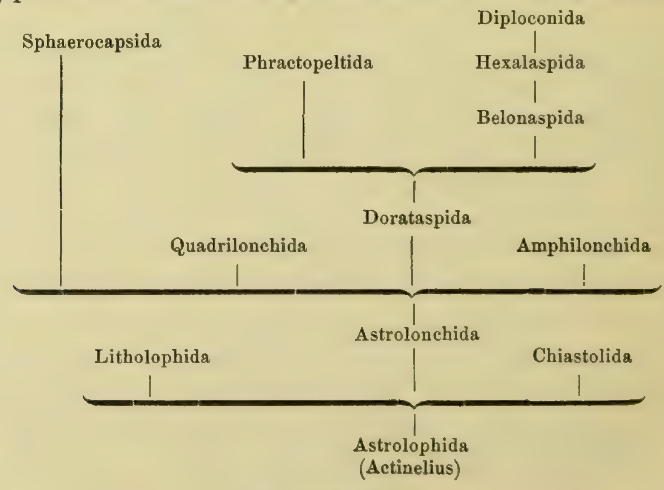
11. Familie: Hexalaspida.

Prunophracten mit linsenförmiger biconvexer Gitterschale, an deren Rande 6 grosse Radial-Stacheln vortreten: 2 gegenständige Aequatorial-Stacheln und die zugehörigen 4 Polar-Stacheln der hydrotomischen Meridian-Ebene; die 14 übrigen Radial-Stacheln sind kleiner oder ganz rudimentär. Die Stacheln sind an der Basis oft von starken cylindrischen oder konischen Scheiden umhüllt. (4 Genera: Hexalaspis, Hexaconus, Hexonaspis, Hexacolpus).

12. Familie: Diploconida.

Prunophracten mit cylindrischer oder doppelkegelförmiger Schale, in deren Axe 2 gegenständige sehr grosse Stacheln liegen, die beiden Aequatorial-Stacheln der hydrotomischen Meridian-Ebene. Die 18 übrigen Stacheln sind viel kleiner oder ganz rudimentär. Nur das mittlere Drittheil der eigenthümlichen Schale entspricht der linsenförmigen Schale der Hexalaspiden, während die beiden anderen Drittheile von den vergrösserten Basalscheiden der beiden hydrotomischen Aequatorial-Stacheln gebildet werden. (Diploconus, Diplocolpus).

Hypothetischer Stammbaum der Acantharien.



14. Sitzung am 11. December 1885.

1) Zuerst sprach Herr Preyer:

Ueber den Puls.

(Ein Bericht ist nicht eingegangen).

2) Darauf sprach Herr Reichardt

Ueber das Schwefelwasser zu Langensalza.

Die sog. Schwefelquelle in Langensalza ist im Anfang dieses Jahrhunderts aufgefunden und seit dieser Zeit wiederholt der chemischen Untersuchung unterworfen worden.

Das Wasser sieht frisch völlig klar und farblos aus, trübt sich aber bald durch sich abscheidenden Schwefel und riecht oder stinkt völlig wie Schwefelwasserstoffwasser. Der Geschmack desselben ist trotzdem ein keineswegs unangenehmer!

Die Schwefelwasser äussern, wie angenommen wird, thatsächlich eine Wirkung auf die Haut im Bade, jedenfalls aber nur dann, wenn noch in der Wärme leicht zersetzbare Sulfide vorhanden sind. Man unterscheidet diese Quellen einmal nach dem Gehalte an weiteren Salzen in muriatische, erdige u. s. w., sodann nach den Wärmegraden der Quellen selbst in Thermen oder kalte Quellen. — Langensalza gehört den letzteren an und bildet sich zweifellos in der dortigen Keuperformation, welche reichlich Gypslager zeigt, aber auch Lettenkohle mit in Zersetzung begriffenen Kiesen u. s. w. Torf oder Braunkohle liegen in der unmittelbaren Nähe der Schwefelquelle nicht zu Tage, so dass man die Entstehung unmittelbar da suchen könne, und die gleichbleibende Mischung des Wassers spricht auch für gleiche allgemeinere Bedingungen des Ursprunges.

Die warmen Schwefelquellen, wie in Aachen und Baden bei Wien, verdanken ihre höheren Wärmegrade den tieferen Erdschichten, woselbst dann anderweitige Umsetzungen mit eingreifen und umändern können, die Wärme derselben vertreibt jedoch auch die sich leicht verflüchtigenden Gase, und Liebig fand in der Luft der Aachener Quellen nur Spuren oder auch gar kein Schwefelwasserstoffgas. Jedenfalls wirken organische Substanzen bei der Bildung solcher Quellen überall mit, und ist nur bis jetzt die Aufmerksamkeit nicht darauf gerichtet worden, oft sogar nicht ein-

mal darauf geprüft! Das Wasser von Langensalza ergab in 10000 Th. 3,417 Th. durch übermangansaures Kali bestimmbare sog. organische Substanz und nach dem Eindampfen noch 0,0758 Th. Schwefelwasserstoff- 0,174 Th. Schwefelnatrium.

Das Wasser der Kaiserquelle in Aachen enthält nach Liebig-Monheim 0,136, der Georgenquelle in Landeck nach Meyer 0,017 Th. Schwefelnatrium in 10000 Th. In dem Wasser der Carolinquelle in Baden bei Wien bestimmte Schneider 0,118 Th., in der Badequelle in Nenndorf Bunsen 0,174 Th. Schwefelcalcium in 10000 Th. Wasser, so dass die Schwefelquelle von Langesalza diesen anderen Schwefelwassern völlig gleich, theilweise noch mehr Schwefelalkali enthält, d. h. selbst nach dem Kochen und Eindunsten desselben; der Gesammtgehalt an Schwefelwasserstoff beträgt in 10000 Th. des Langensalzaer Wassers 0,4513 Th., demnach 6 Mal mehr als das nach längerem Kochen untersuchte Wasser im Schwefelalkali noch gebunden enthält!

Wenn auch die älteren Untersuchungen vom Anfange dieses Jahrhunderts nicht mehr in Vergleich gezogen werden können mit den jetzigen, da z. B. Trommsdorff darin Schwefelharz, Extractivstoff u. s. w. findet, so können doch die vorhandenen 4 Untersuchungen von Trommsdorff 1811, Biltz 1848, Bohlen 1868 und die jetzige neue von mir darin verglichen werden, dass sie übereinstimmend den starken Gehalt an Schwefelwasserstoff beweisen und demnach einen Zeitraum von 75 Jahren umfassen, innerhalb welchem die Schwefelquelle gleichmässig diesen wirksamen Stoff, sogar annähernd in gleicher Menge zeigt; jedenfalls für das Bestehen und die gleichmässige Beschaffenheit des Schwefelwassers von Langensalza Zeugniss abgebend.

Sodann erstattete der Vorsitzende folgenden

Bericht

über

den Stand und die Thätigkeit der Gesellschaft im Jahre 1885.

Das verflossene Jahr ist für die medicinisch-naturwissenschaftliche Gesellschaft mit der gleichförmigen Ruhe dahingegangen, welche das Prädicat eines stillfleissigen Gelehrtenthums zu sein

pflegt. Gleichwohl hat es unserer Gesellschaft an Leben nicht gefehlt. Dank dem Eifer, den der Herr Redacteur entwickelt hat, ist die Zeitschrift, welche beinahe um ein ganzes Jahr in ihrem Erscheinen nachhinkte, so weit gefördert, dass wir mit Schluss des Jahres so ziemlich auch den fälligen Band werden schliessen können. Die Zahl der Sitzungen (14) ist dieselbe wie im Vorjahre, und ist an Vorträgen kein Mangel gewesen. Es haben über ihre Untersuchungen der Gesellschaft Mittheilung gemacht die Herren Abbe, Walter, Preyer (3 mal), Bardeleben (3 mal), Reichardt (3 mal), Piltz (2 mal), Sohncke (2 mal), Liebscher (2 mal), Rossbach, Binswanger, Frege, Thomae, Stahl und Haeckel, und als Gast Herr Lahr. Der Besuch der Sitzungen dürfte ein mittlerer zu nennen sein, einige Male sind 50—60 Personen anwesend gewesen, in der am schwächsten besuchten Sitzung, der letzten vor den Sommerferien, waren nur 16 Personen anwesend. Zwölfmal sind wir im physicalischen Institute, zweimal in unserem eigenen Locale zusammengekommen. In die Gesellschaft sind 9 Mitglieder neu aufgenommen. Ein langjähriges Mitglied

Ernst Schmid

haben wir durch den Tod verloren, fortgegangen sind die Herren Geigel, Krysinski, Walter, Weber-Liel. Die augenblickliche Zahl der (einheimischen) Mitglieder beträgt 59, am Anfang des Jahres betrug sie 55.

Am 9. Januar wurde Herrn Bardeleben neben seinem Amte eines Bibliothekars noch das eines Redacteurs, und am 11. December auch noch das eines Rechnungsführers übertragen. Letzteres Geschäft verwaltete bisher der Vorsitzende. Am 6. Februar theilt der Herr Verleger Fischer mit, dass er den Autoren 50 Separatabzüge bewillige. Am 3. Juli wird beschlossen, nur ungedruckte Abhandlungen in die Zeitschrift aufzunehmen und dem Diener des phys. Instituts eine jährliche Remuneration von 20 M. zu gewähren. Am 11. Oct. wird beschlossen, dem Herrn Redacteur ein Exemplar der Zeitschrift zu überlassen. Ueber die Zunahme des Tauschverkehrs wird der Herr Bibliothekar berichten.

Das Stiftungsfest wurde am 31. Jan. im Gasthofe zum deutschen Hause in gewohnter Weise gefeiert. Der nach Rothenstein im Sommer veranstaltete Ausflug hatte nur eine kleine Theilnehmerschaft aufzuweisen, verlief aber recht gemüthlich.

Die Beamten der Gesellschaft waren

J. Thomae, Dr. phil., Prof. p. o., Hofrath. Vorsitzender.
K. Bardeleben, Dr. med., Prof. p. e. Bibliothekar und Redacteur.

Mitglieder sind (am Ende des Jahres 1885):

Abbe, Dr. ph., Prof. o. h.
Bardeleben, K., Dr. med., Prof. p. e.
Binswanger, Dr. med., Prof. p. e.
Bockelmann, Dr. med., Arzt.
Braun, Dr. med., Prof. p. o.
Burkhardt, Dr. med., Assistent.
Czapski, Dr. ph.
Delbrück, Dr. ph., Prof. p. o.
Detmer, Dr. ph., Prof. p. e.
Fischer, G., Verleger.
Frege, Dr. ph., Prof. p. e.
Frommann, Dr. med., Prof. p. e.
Fürbringer, P., Dr. med., Prof. p. e.
Gaenge, Dr. ph., Privatdocent.
Geuther, Dr. ph., Prof. p. o., Geh. Hofrath.
Götze, Dr. med., Assistent.
v. d. Goltz, Dr. phil., Prof. p. o.
Guder, Dr. med., Assistent.
Gutzeit, Dr. phil., Prof. p. e.
Haeckel, E., Dr. med. juris et phil., Prof. p. o.
Haeckel, H., Dr. med., Assistent.
Hentschel, Dr. ph.
Hertwig, O., Dr. med., Prof. p. o.
Krukenberg, Dr. med. et phil., Prof. p. e.
Küstner, Dr. med., Prof. p. e.
Kuhnt, Dr. med., Prof. p. o.
Lang, Dr. ph., Privatdocent.
Leubuscher, Dr. phil., Privatdocent.
Liebscher, Dr. ph., Privatdocent.
Müller, W., Dr. med., Prof. p. o., Hofrath.
Pechuel-Loesche, Dr. ph.
Piltz, Dr. phil., Privatdocent.
Preyer, Dr. med. et ph., Prof. p. o., Hofrath.
Regel, Dr. ph., Privatdocent.
Reichardt, Dr. ph., Prof. p. o.

Ried, C., Dr. med., Prof. p. o., Geh. Rath.
Rossbach, Dr. med., Prof. p. o.
Sachse, L., Dr. ph., Gymnas.-Prof.
Schäffer, Dr. ph., Prof. o. h.
Schillbach, Dr. med., Prof. p. e.
Schimmelpfennig, Postdirektor.
Schott, Dr. ph.
Schultze, B., Dr. med., Prof. p. o., Geh. Hofrath.
Schultze, C., Oberinspector.
Schuster, Dr. med. vet. Medicinalassessor.
Schütz, Dr. med.
Seidel, Dr. med., Prof. o. h., Medicinalrath.
Siebert, Dr. med., Arzt.
Skutsch, Dr. med., Assistent.
Sohncke, L., Dr. ph., Prof. p. o., Hofrath.
Stahl, Dr. ph., Prof. p. o.
Steinmann, Dr. ph., Prof. p. e.
Stoy, Dr. ph., Privatdocent.
Teuscher, Dr. ph.
Thomae, Dr. ph., Prof. p. o., Hofrath.
Weber, Dr. med., Stabsarzt.
Wegerle, Dr. med., Assistent.
Zeiss, R., Dr. ph.
Ziegenspeck, Dr. med., Assistent.

Zum Vorsitzenden für das Jahr 1886 wurde am 11. Dec. Herr

Prof. Dr. Fürbringer

und zum Bibliothekar, Redacteur und Rechnungsführer Herr

Prof. Dr. Bardeleben

gewählt.

J. Thomae.

Bericht

des Bibliothekars über den Tauschverkehr der Gesellschaft im Jahre 1885.

Vom 12. December 1884 bis 11. December 1885 sind bei der Gesellschaft folgende Schriften eingegangen, wie wir hiermit bestens dankend anerkennen [1]).

I. Gesellschaftsschriften.

1) **Academia Caesar. Leopoldo-Carol. German.** naturae curiosorum.

2) **Amsterdam.**
Koninkl. Zoolog. Genootschap „Natura artis magistra“ te Amsterdam.
Bijdragen tot de dierkunde. 11. Aflev. 1884.

3) **Amsterdam.**
Koninkl. Akademie van wetenschappen.
Verslagen en mededeelingen. Afdeel. Natuurk. 2. r. Deel 19. 20. Naam- en zaakregister 2 r. D. 1—20.
Jaarboek voor 1883.

4) **Baltimore.**
Johns Hopkins University.
Circulars Vol. IV. No. 35. Dec. 1884. No. 36. Jan. 1885. No. 37. 38. March. No. 39. May. No. 40. July. No. 41. No. 42. 43.
Studies from the biological laboratory. Vol. III. No. 2. No. 3. No. 4.

---

1) Wo bei dem Namen einer Gesellschaft nichts angegeben ist, sind in dem bezeichneten Zeitraum Sendungen nicht angelangt. Der Transport dauert übrigens meist Monate, ja Jahre, wie es scheint.

5) **Berlin.**
Gesellschaft naturforschender Freunde.
Sitzungsberichte der Jahre 1874—1884. — 1885. No. 7.

6) **Berlin.**
Physiologische Gesellschaft zu Berlin.
Verhandlungen 1884/85. No. 1—5. 6—8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 18.

7) **Bern.**
Allgemeine schweizerische Gesellschaft f. d. gesammte Naturwissenschaft.
Neue Denkschriften Bd. XXIX. Abth. 1.
Verhandlungen der schweiz. naturforsch. Gesellsch. in Luzern. 67. Jahresversammlung. Jahresber. 1883|84.
Mittheilungen der naturforsch. Gesellsch. in Bern a. d. J. 1883, H. 2. A. d. J. 1884. H. 1. 2. 3. 1885. H. 1.
Compte rendu des travaux prés. à la session de le Société helvét d. sc. nat. à Lucerne 1884.

8) **Bologna.**
Accademia delle scienze dell' Istituto di Bologna.
Memorie della Accademia. Ser. IV. Tom. V.

9) **Bonn.**
Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande, Westfalens und des Reg.-Bez. Osnabrück.
Verhandlungen.
Jahrg. 41. (5. Folge 1.) 2. Hälfte. Jahrg. 42. 1. Hälfte.
Autoren- und Sachregister zu Bd. 1—40.

10) **Boston.**
Boston Society of natural history.
Memoirs. Vol. III. No. VIII—X.
Proceedings. Vol. XXII. P. II. III.

11) **Boston.**
American Academy of arts and sciences.
Proceedings. New series. Vol. XII. 1884|85.

12) **Breslau.**
Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur.
62. Jahresbericht für 1884. Breslau 1885.

13) **Brünn.**
Naturforschender Verein.
Verhandlungen. Bd. XXII. H. 1. 2. 1883.
Bericht der meteorolog. Commission des Vereins f. 1882.

14) **Brüssel.**

Academie Royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique.

Annuaire. Année 50. 51. 1884. 1885.

Bulletin. Année 52. 52. 3. Sér. T. VI. VII. VIII.

15) **Brüssel.**

Société Belge de microscopie.

Bulletin. Année XI. 1884. No. II. III. IV. V. VI. VII. VIII. IX. X. XI.

Annales. Tom. IX. Tom. X.

16) **Budapest.**

Kgl. Ungar. naturwiss. Gesellschaft.

„Die Vergangenheit und Gegenwart d. kgl. ung. Ges.“ 1885.

17) **Cambridge.**

Cambridge Philosophical Society.

Transactions. Vol. XIV. P. I.

Proceedings. Vol. V. P. I. II. III. IV.

18) **Cambridge,** Mass. (Nord-Amerika).

Harvard College.

Museum of comparative Zoology.

Memoirs. Vol. VIII. No. 3. Vol. XI. No. 1.

Bulletin. Vol. VII. No. 2. 3. 5. 6. 7. 8. 11. Vol. XI. No. 11. Vol. XII. No. 1.

Annual Report of the Curator for 1883—84.

19) **Canada.**

Royal Society of Canada.

20) **Cassel.**

Verein für Naturkunde in Cassel.

21) **Chemnitz.**

Naturwissenschaftliche Gesellschaft zu Chemnitz.

22) **Córdoba.** (Argentinische Republik.)

Academia nacional de ciencias en Córdoba.

Boletin. Tom. VI. Entr. 4. Tom. VII. Entr. 1. Entr. 2. 3. Entr. 4. Tom. VIII. Entr. 1.

23) **Danzig.**

Schriften der naturforschenden Gesellschaft. N. F. Bd. VI. H. 1. 1884. Heft 2. 1885.

24) **Delft.**

Annales de l'École polytechnique. 1. livr. Leide. 1884. 2. livr. 1885.

25) **Dublin.**
Royal Dublin Society.
Scientific Transactions. Ser. II. Vol. III. No. IV—VI.
Scientific Proceedings. New Ser. Vol. IV. P. V. VI.

26) **Edinburgh.**
Royal Society of Edinburgh.

27) **Edinburgh.**
Royal Physical Society.
Proceedings. Session 1884—85.

28) **Elberfeld.**
Naturwissenschaftl. Verein in Elberfeld.

29) **Erlangen.**
Physik.-medicin. Societät zu Erlangen.
Sitzungsberichte. Heft 16. 1884.

30) **Frankfurt am Main.**
Senckenbergische naturforschende Gesellschaft.
Bericht für 1884. Frankfurt a|M. 1884.

31) **Freiburg i. B.**
Naturforschende Gesellschaft.
Bericht über die Verhandlungen. Bd. VII. H. 2. 1884.
Bd. VIII. H. 3. 1885.

32) **Genf.**
Institut national Genevois.
Bulletin. Tom. XXVI. 1884.

33) **Genf.**
Société de physique et d'histoire naturelle.
Mémoires. Tome XXVIII. 2. p. 1884.

34) **Giessen.**
Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.

35) **Graz.**
Verein der Aerzte in Steiermark.
Mittheilungen. XXI. 1884. Graz 1885.

36) **Graz.**
Naturwissenschaftl. Verein für Steiermark.

37) **Haarlem.**
Archives du Musée Tayler.
Ser. II. Vol. II. Partie 2. 1885.

38) **Halle.**
Naturforschende Gesellschaft zu Halle.
Abhandlungen. Bd. XVI. H. 3.
Bericht über die Sitzungen im Jahre 1884.

39) **Hamburg.**
Verein für naturwissenschaftliche Unterhaltung.
Verhandlungen. Bd. V. 1885.

40) **Hanau.**
Wetterauische Gesellschaft für die gesammte Naturkunde zu Hanau.

41) **Helsingfors.**
Societas scientiarum Fennica.
Acta Tom. XIV.
Öfversigt. XXVI. 1883—84.
Bidrag t. k. af Finlands Natur och Folk. H. 39—42.

42) **Innsbruck.**
Berichte des naturwiss.-medicin. Vereins.
XIV. Jahrg. 1883/84.

43) **Königsberg.**
Physikalisch-ökonomische Gesellschaft zu Königsberg.
Schriften. Jahrg. XXV. 1884. Abth. 1. 2.

44) **Kopenhagen.**
Kongel. Danske Videnskab. Selskab.
Skrifter. 6. R. Naturvid. og. mathem. Afdelg. Bd. I. No. 11. Bd. II. No. 7.
Oversigt over det K. D. Selsk. Forhandling. 1884. No. 3. 1885. No. 1.

45) **Leiden.**
Nederlandsche dierkundige Vereeniging.
Tijdschrift. Supplement, deel I. Aflev. II. — D. VI, Afl. II — IV. — 2 S. D. I. Afl. I.

46) **Leipzig.**
Naturforschende Gesellschaft zu Leipzig.
Sitzungsberichte. Jahrg. XI. 1884.

47) **London.**
Royal Society of London.
Philosophical Transactions. Vol. 175. P. I. II. III.
Proceedings. No. 232—238. (Vol. XXXVII. XXXVIII.)
The Royal Society, 1. Dec. 1884. (Fellows.)

48) **London.**
Linnean Society of London.
Transactions: Zoology 2. s. Vol. II. Parts 11. 13. 14. Vol. III. P. 2. 3.
Botany 2. s. Vol. II. Part. 8.

Journal: Zoology. Vol. XVIII. No. 103—108.
Botany. Vol. XXI. No. 134—137.
List of the Linn. Soc. of Lond. Oct. 1884—1885.

49) **London.**
Royal Microscopical Society.
Journal. Ser. II. Vol. IV. P. 6. Vol. V. P. 1. Febr. P. 2. April. P. 3. June. P. 4. August. P. 5. October.

50) **London.**
Zoological Society of London.
Proceedings. 1884. P. IV. 1885. P. I. II. III.

51) **Lüneburg.**
Naturwiss. Verein f. d. Fürstenthum Lüneburg.
Jahresheft. IX. 1883. 1884.

52) **Luxemburg.**
Institut Royal Grand-ducal de Luxembourg.

53) **Magdeburg.**
Naturwissenschaftlicher Verein.
13., 14. u. 15. Jahresbericht. 1882. 1883. 1884.

54) **Mailand.**
Società Italiana di scienze naturali.
Atti. Vol. XXV. Fasc. 3. 4. Vol. XXVI. Fasc. 1. 2. 3. 4. Vol. XXVII. Fasc. 1. 2. 3|4.

55) **Moskau.**
Société impériale des naturalistes de Moscou.
Bulletin. Année 1883. No. 4. Mit Beilage. Année 1884. No. 2. No. 3.

56) **München.**
Königl. Bayr. Akademie der Wissenschaften.
Abhandlungen der mathem.-physikal. Classe. Bd. XV. Abth. 2.
Sitzungsberichte der math.-physikal. Classe. 1884. H. 2—4. 1885. H. 1—3.

57) **Münster i. W.**
Westfälischer Provinzialverein für Wissenschaft und Kunst.
13. Jahresbericht f. 1884.

58) **New-Haven.** (Nord-Amerika. Connecticut.)
Connecticut Academy of Arts and Sciences
Transactions. Vol. VI. P. 1. P. 2.

59) **New-York.**
Microscopical Society.
Journal. Vol. I. No. 2. Febr. 1885. (2 Ex.)

60) **Osnabrück.**
Naturwissenschaftlicher Verein.
6. Jahresbericht, für 1883 u. 1884.

61) **Paris.**
Société zoologique de France.
Bulletin pour l'année 1884. Parties 1/2. 3/4. 5. 6.

62) **St. Petersburg.**
Acad. Impér. des sciences de St. Pétersbourg.
Bulletin. Tome XXIX. No. 4. Tome XXX. No. 1. No. 2.

63) **Philadelphia.**
Academy of nat. sciences of Philadelphia.
Proceedings. 1884. P. 2. (Mai—Oct.) P. 3. (Nov. Dec.) 1885. P. 1. (Jan.—März.) P. 2. (April—Juli.)

64) **Pisa.**
Atti della Società Toscana di Scienze naturali.
Processi verbali. Vol. IV. 1883—1885. p. 125—145. p. 146 bis 166. p. 167—202. p. 203—230. p. 231—262.
Memorie. Vol. IV. Fasc. 3. Vol. VI. Fasc. 2.

65) **Salem.**
Peabody Academy of science.
Annual Report of the Trustees. 1874 to 1884.

66) **Sondershausen.**
Botanischer Verein für Thüringen.
Irmischia. Corresp. Bl. d. b. V. f. Th. Jahrg. IV. No. 10. 11. 12. Jahrg. V. No. 1. 2. 3—9.
Abhandlungen. H. 3, p. 33—44.

67) **Stockholm.**
Kongl. Svenska vetenskaps Akademie.
Mitgliederverzeichnisse. 1881. 1882. 1883. 1884.
Handlingar. Ny följd. Bd. 18. 19. I. II. 1880. 1881.
Bitang till handlingar. Bd. IV, 1. 2. VII, 1. 2. VIII. 1. 2. 1880. 1884. IX. 1. 2. 1885.
Lefnadsteckningar. Bd. II, Heft 2. 1883.
Öfversigt af K. v. Ak. förhandlingar.
Årg. 41. 1884. No. 5. 6/7. 8. 9/10.
Årg. 42. 1885. No. 1. 2. 3. 4. 5.
Arg. 38. 1881 [1]).

---

1) Auf unsere Bitte nochmals gesandt, wofür wir besten Dank sagen.

68) **Sydney.**
Royal Society of New South Wales.
Journal and Proceedings for 1882 Vol. XVI; for 1883, Vol. XVII; for 1884, Vol. XVIII.

69) **Sydney.**
Linnean Society of New South Wales.
Proceedings. Vol. VIII. P. 4. Vol. IX. P. I. II. III.

70) **Triest.**
Società Adriatica di scienze naturali in Trieste.

71) **Turin.**
R. Accademia delle scienze di Torino.
Atti. Vol. XX. Disp. 1. 3. Disp. 4. Disp. 5. Disp. 6.

72) **Upsala.**
Regia Societas scientiarum Upsaliensis.
Nova Acta. Ser. III. Vol. XII. Fasc. II. 1885.

73) **Wien.**
Kaiserliche Akademie der Wissenschaften.
Anzeiger. 1884. No. 24—28. 1884. No. 2. 3—8. 9—12. 13—18. 19. 20—24.

74) **Wien.**
Kais. Königl. geolog. Reichsanstalt in Wien.
Jahrbuch. Jahrg. 1884. Bd. XXXIV. No. 4. Jahrg. 1885. Bd. XXXV. No. 1. No. 2 u. 3.
Verhandlungen. 1884. No. 13—18. 1885. No. 1—7. No. 8. No. 9.

75) **Wien.**
Kais. Kön. zoologisch-botanische Gesellschaft in Wien.
Verhandlungen. Jahrg. 1884. Bd. XXXIV. Mit Beilage: Personen-, Ort- und Sachregister der 3. 10jähr. Reihe (1871—1880). Jahrg. 1885. Bd. XXXV. 1. Hälfte.

76) **Wiesbaden.**
Nassauischer Verein für Naturkunde.
Jahrbücher. Jahrg. 37. 1884.

II. Zeitschriften.

1) Archif for Mathematik og Naturvidenskab. (Lie, Müller, Sars). Kristiana. Bd. X. H. 1. 2.
2) Archives de Biologie. (van Beneden u. van Bambeke). Gent u. Leipzig. Tom. V. Fasc. III. IV. 1884.
3) Archivio per le scienze mediche. (Bizzozero). Turin. Vol. V. Fasc. I. II [1]). Vol. VIII. Fasc. IV. Vol. IX. Fasc. I. II. III.

---

1) S. Note S. 184.

4) Nordiskt medicinskt Arkiv. Stockholm. Bd. XVI. H. 3. 4. Bd. XVII. H. 1. 2.
5) Botanisches Centralblatt. 1884. No. 50—52. 1885. No. 1—4. 5—8. 9—16. 17—20. 21—24. 25. 26—29/30. 31/32—34. 36—43. 44—47. (Fehlt 35.)
6) Nuovo giornale botanico italiano. Firenze. Vol. XVII. No. 1. No. 2. No. 3. No. 4.
7) Hygiea. Stockholm. Bd. XLVI. 1884. No. 12. Decbr. Bd. XLVII. 1885. No. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11.
8) Morphologisches Jahrbuch. (Gegenbaur). Bd. X. H. 3. H. 4. Bd. XI. H. 1. H. 2.
9) The American Journal of science. Vol. XXVIII. No. 168. Dec. 1884. Vol. XXIX. No. 169. January 1885. Nr. 170. Febr. No. 171. March. Nr. 172. April. No. 173. May. No. 174. June.
   Vol. XXX. No. 175. July. No. 176. Aug. No. 177. Sept. No. 178. Oct. No. 179. Nov.
10) Quarterly Journal of microscop. science. New. ser. No. 97. 1885. Januar. No. 98. April. No. 99. July. No. 101. Nov. Supplement. 1885.
11) Norsk Magazin for Laegevidenskaben. Kristiania. 3. R. XIV. Bd. H. 12. XV. Bd. H. 1. 2. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11.
12) Mittheilungen aus der zoolog. Station zu Neapel. Bd. VI. H. 1. H. 2.
13) The American Naturalist.
   Vol. XIX. 1884. No. 1. Jan. No. 2. Febr. No. 3. March. No. 4. April. No. 5. May. No. 6. June. No. 7. July. No. 8. Aug. No. 9. Sept. No. 10. Oct. No. 11. Nov.
14) Recueil zoologique Suisse. Tom. II. 1885. No. 1. 2. 3. 4.
15) Revue scientifique. 3. sér. Tome 34. No. 24. 26. (fehlt 25).
   Tome 35. No. 1—6. 8—26. (fehlt 7).
   Tome 36. No. 1—23.
16) Elektrotechnische Zeitschrift. Jahrg. V. 1884. H. 12.
   Jahrg. VI. 1885. H. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11.

III. Ferner erhielt die Gesellschaft zum Geschenk:

1) Report on the scientific results of the voyage of H. M. S. Challenger, 1873—1876.
   Narrative. Vol. I. Parts 1. 2.
   Botany. Vol. I.
   (Von der Kgl. Grossbritannischen Regierung.)

2) XI. Jahresbericht der Gewerbeschule zu Bistritz in Siebenbürgen. 1884/85.
3) L'université de Bruxelles 1834—1884. Notice historique faite à la demande du Conseil d'administration par L. Vanderkindere. Bruxelles 1884.
4) Makowsky, Al. und Rzehak, Ant., Geologische Karte der Umgegend von Brünn. Herausgeg. v. naturforsch. Verein in Brünn. 1883. Nebst kurzer Erläuterung.
5) Dengler, P., Der 13. schlesische Bädertag u. seine Verhandlungen. Reinerz. 1885.
6) Arneke, W., Die Entstehung und Bekämpfung der Homöopathie .... Berlin 1884.
7) de Wroblewski, S., Comment l'air a été liquéfié. Rép. à l'article de M. J. Jamin. Paris 1885.
8) Derselbe, Sur les phénomènes que presentent les gaz permanents évaporès .... Paris (aus den Comptes rendus).
9) Robinski, S., Zur Kenntniss der Augenlinse ... Berlin 1883.
10) Dana, J. D., Origin of coral reefs and islands. (American Journ. of sc. 1855. Aug. u. Sept.)
11) Netto, L., Conférence faite an Muséum national en présence de LL. MM. Impériales le 4. Nov. 1884. Rio de Janeiro. 1885.
12) de Wasseige, A., Grossesse extra-utérine abdominale ... (Extract.) 1885.
13) Derselbe, Accouchement prémature artificiel ... Liège. 1885.
14) Second annual Report of the Board of Trustees of the Public Museum of the City of Milwaukee. Oct. 1884. Milwaukee 1884.
15) de Mueller, Ferdinand, Index perfectus ad Caroli Linnaei Species Plantarum ... Melbourne 1880.

Ausserdem sind noch einige Brochüren u. dgl. bei der Redaction der Zeitschrift eingegangen.

K. Bardeleben,
Bibliothekar.

Anhang.

Zum Abdrucke in den Sitzungsberichten wurde vorgelegt:

Vereinfachung in der Färbetechnik.

Von

D. phil. **Willy Kükenthal,**

Assistent am zoologischen Institut der Universität Jena.

Im September dieses Jahres theilte mir mein Freund Conservator Nansen in Bergen eine Methode mit, welche für Differenzirung des Nervengewebes sehr schöne Resultate gab und sich ausserdem durch grosse Einfachheit auszeichnete. Er setzte dem Terpentinöl, in welches er die mit Boraxcarmin gefärbten Schnitte zur Entfernung des Paraffins einlegte, eine Spur Picrinsäure zu, welche er in absolutem Alkohol gelöst hatte. An Schnittserien von Myzostomiden, welche er mir zeigte, hatten nur die Kerne ihre rothe Farbe behalten, Muskeln und Nerven hatten eine gelbliche Färbung angenommen, und die Contouren ihrer Elemente waren bedeutend schärfer geworden, so dass sich z. B. Nervenfibrillen sehr deutlich verfolgen liessen. Diese Methode, welche ich ebenfalls mit gutem Erfolge bei Untersuchung des Nervensystems von Opheliaceen anwandte, brachte mich auf den Gedanken, ob es nicht möglich wäre, die in der Technik gebräuchlichen Farbstoffe in das Terpentinöl einzuführen, und so die gesammte zeitraubende, häufig unsichere Nachfärbung der Schnitte wesentlich zu vereinfachen. Zunächst versuchte ich es mit Anilinfarben, und diese Versuche gelangen vollkommen. Als Objecte dienten mir Querschnitte von Ammotrypane limacina, Rathke, und von Hautstückchen von Rindsembryonen. Die Anneliden waren in Alkohol getödtet, mit alkoholischem Boraxcarmin (Grenacher) gefärbt und längere Zeit mit schwach salzsaurem Alkohol behandelt

worden, so dass das Carmin nur noch auf die Kerne beschränkt war. Die Objecte kamen dann aus absolutem Alkohol in Toluol, von da direct in geschmolzenes Paraffin. Die Schnitte wurden mit Collodium in Nelkenöl (Schällibaum) auf den Objectträger aufgeklebt, längere Zeit erwärmt und kamen dann in ein Schälchen mit Terpentin, welches mit ein paar Tropfen einer Lösung von Methylgrün in Alkohol absolutus versehen war. Nach kürzester Zeit war die Färbung beendet, und in Canadabalsam eingeschlossen, zeigten die Schnitte folgendes Bild. Die Kerne waren roth geblieben, während die protoplasmatische Substanz der Zellen prächtig grün gefärbt war. Indem ich in dasselbe Terpentinöl einen Tropfen Picrinsäurelösung in absolutem Alkohol hinzufügte, gewann ich zugleich eine deutliche Differenzirung des Nervengewebes, ausserdem wurde die blaugrüne Färbung des Methylgrüns in eine mehr grasgrüne verwandelt. Statt Methylgrün kann man auch andere Anilinfarben nehmen; ich habe mit gutem Erfolg Eosin, Gentianaviolett, Methylblau, Safranin, Fuchsin, Tropaeolin, Malachitgrün und Bismarckbraun angewandt.

Durch diese Methode erzielt man eine Färbung des Protoplasmas; um eine Kernfärbung hervorzubringen, hat man nur nöthig die gefärbten Schnitte in eine andere Schale zu bringen, in welcher sich ein Gemisch von reinem Terpentinöl und Alkohol absolutus befindet, letzterer zieht die im Protoplasma befindliche Farbe langsam aus.

Es ist wohl kaum nöthig, die Vortheile, welche diese Methode für die Handhabung der Anilinfärberei darbietet, näher auseinanderzusetzen, ich möchte nur speciell ein paar Punkte hervorheben, die mir von Wichtigkeit zu sein scheinen. Die Färbung ist eine durchaus distincte, so dass der Vorwurf, der häufig beim Nachfärben der Schnitte gemacht wird, nicht wohl differenzirte Bilder zu liefern, damit hinfällig wird; dann scheint mir das neue Verfahren bedeutend mehr Sicherheit für Haltbarkeit der Farben zu gewähren. Gefärbte Schnitte, welche wochenlang dem Lichte ausgesetzt waren, zeigten keine Spur von Verblassung.

Ausser mit den genannten Anilinfarben kann man auch auf dieselbe Weise mit Carmin und Haematoxylin färben. Das Verfahren ist folgendes. Zunächst bereite ich mir (nach P. Mayer) folgende Carminlösung: Hundert Cubikcentimeter Alkohol absolutus werden mit 4 Gramm Carmin gekocht und während des Kochens 25 Tropfen Salzsäure hinzugefügt. Dann wird heiss filtrirt, die etwaige überschüssige Säure mit etwas Ammoniak abgestumpft und

nochmals filtrirt. Diese Carminlösung führe ich tropfenweise und unter Schütteln in ein Gemisch von Terpentinöl und Alkohol absolutus ein und benutze diese dunkelrothe Lösung zur Färbung des dazu zu verwendenden Terpentinöls. Die Schnitte sind fast momentan gefärbt; um Kernfärbung zu erzielen, kommen sie einige Zeit in das Gemisch von Terpentinöl und Alkohol absolutus, dann in reines Terpentin und können dann in Canadabalsam eingeschlossen werden. Natürlich steht einer Doppel-Färbung mit einer der vorhin erwähnten Anilinfarben nichts im Wege.

Mit Haematoxylin färbe ich folgendermassen. Haematoxylinpulver wird in Alkohol absolutus gelöst und in dieser Lösung in Terpentinöl eingeführt. Die Färbung der Schnitte erfolgt sehr bald, durch Einlegen in das Gemisch von Terpentinöl und Alkohol absolutus wird die hellbraune Farbe auf die Kerne beschränkt. Hierauf kommen die Schnitte in reines Terpentinöl; am Deckel des Gefässes, in welchem sich das letztere befindet, hängt ein Tröpfchen Ammoniak; in kurzer Zeit fangen die Schnitte an, blauviolett zu werden, und man kann nun in Canadabalsam einschliessen. Tritt die Umwandlung der Farbe nicht bald ein, so kann man trotzdem in Canadabalsam einschliessen, da in demselben die bräunliche Farbe sich noch nachträglich in die prächtig dunkelblaue verwandelt.

Die erwähnten Farben lassen sich auf dieselbe Weise in Nelkenöl einführen und bei der Färbung von kleineren Objecten, z. B. Protozoen, verwenden.

Zum Schluss noch einige praktische Bemerkungen in Bezug auf diese Methoden:

Den Alkohol absolutus nehme man möglichst rein und säurefrei (man kann ihn nach Fol durch Hineinwerfen von etwas gebranntem Kalk neutralisiren). Um die farbigen Terpentine möglichst lange benutzen zu können, verwende man zu ihrer Aufnahme gut schliessende Glasdosen und löse das Paraffin aus den Schnitten vorher durch einige Tropfen farblosen Terpentins. Fällt in einem Glase Farbstoff aus, so schliesst der Deckel nicht dicht; man bringt die Farbe aber wieder leicht zur Lösung durch einen Tropfen Alkohol absolutus, den man dem Terpentinöl zufügt.

Abgeschlossen Jena, 30. November 1885.

Für die Redaction verantwortlich:
Karl Bardeleben in Jena.





